

BUKTI KORESPONDENSI ARTIKEL JURNAL

JURNAL KIMIA SAINS DAN APLIKASI (JKSA) VOL. 22 No. 6, 292-298
TAHUN 2019

PUBLISHED: 30-11-2019

Nama: Sriatun

No.	Tanggal	Aktivitas Korespondensi
1.	18 Agustus 2019	Submission artikel melalui OJS Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi (JKSA) Judul naskah/artikel: Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (III) Penulis: Rina Nurianingsih, Sriatun* , Adi Darmawan (Lampiran 1)
2.	14 Oktober 2019	Menerima permintaan revisi round 1 dari editor melalui email. Comment Reviewer A Comment Reviewer B (Lampiran 2)
3.	18 Oktober 2019	Mengirimkan naskah/artikel revisi round 1 beserta daftar perbaikannya melalui sistim OJS JKSA (Lampiran 3)
4.	4 November 2019	Menerima email permintaan revisi round 2 (Lampiran 4)
5.	7 November 2019	Mengirimkan perbaikan round 2 melalui sistim OJS JKSA • Daftar perbaikan round 2 • Artikel revisi round 2 • Artikel dalam Bahasa Inggris (Lampiran 5)
6.	13 November 2019	Menerima email pemberitahuan bahwa artikel diterima. (Lampiran 6)
7.	30 November 2019	Proses view proof (Layout editing) (Lampiran 7)
8.	30 November 2019	Penerbitan artikel pada Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi (JKSA) Vol. 22 No. 6, 292-298 Tahun 2019 Tanggal publikasi: 30-11-2019 • Table of content • Abstract • Full text (Lampiran 8)



**Jurnal Kimia
Sains & Aplikasi**
Journal of Scientific & Applied Chemistry

**Jurnal Kimia
Sains & Aplikasi**
Journal of Scientific & Applied Chemistry

ISSN: 1410-8917
e-ISSN: 2597-9914

Accredited by the Ministries of Research,
Technology and Higher Education
No: 3/E/KPT/2019

Accreditation



(<http://sinta.ristekbrin.go.id/journals/detail?id=3652>)

Currently, JKSA has Sinta-2 accreditation based on Ministry of Research, Technology and Higher Education Decree **No:3/E/KPT/2019**
(<https://drive.google.com/file/d/1d1IBJgzWISn4NgzJu9r-M22WNk2xTnHj/view?usp=sharing>)

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia
Nomor: 3/E/KPT/2019
Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 1 Tahun 2019

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

E-ISSN: 25979914
Penerbit: Departemen Kimia, Universitas Diponegoro

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah



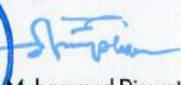
TERAKREDITASI PERINGKAT 2

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu
Volume 21 Nomor 4 Tahun 2018 sampai Volume 26 Nomor 3 Tahun 2023

Jakarta, 14 Januari 2019

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan




Dr. Muhammad Dimiyati
NIP. 195912171984021001



Journal Profile

Last update: 26th October 2020
Number of documents: 493
Number of citations: 779
Google Scholar's IF: 779/493 = 1.580
h-Index: 10, i10-Index: 13

- **By Issue** (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/issue/archive>)
- **By Author** (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/search/authors>)
- **By Title** (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/search/titles>)
- **Other Journals** (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/index/search>)
- **Categories** (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/index/search/categories>)

#25002 Summary

Tanggal submit artikel
melalui OJS JKSA

Submission

Authors	Rina Nurianingasih, Sriatun Sriatun, Adi Darmawan
Title	Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion
Original file	25002-70408-1-SM.docx (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/author/downloadFile/25002/70408/1)_ 18-08-2019
Supp. files	None
Submitter	Sriatun Sriatun ✉ (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/user/email? to%5B%5D=Sriatun%20Sriatun%20%3Csriatun%40live.undip.ac.id%3E&redirectUrl=https%3A%2F%2Fejournal.undip.ac.id%2Findex.php%2Fksa%
Date submitted	August 18, 2019 - 10:22 PM
Section	Research Articles
Editor	Yayuk Astuti ✉ (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/user/email? to%5B%5D=Yayuk%20Astuti%20%3Cyayuk.astuti%40live.undip.ac.id%3E&redirectUrl=https%3A%2F%2Fejournal.undip.ac.id%2Findex.php%2Fks%
Abstract Views	251

Status

Status	Published Vol 22, No 6 (2019): Volume 22 Issue 6 Year 2019
Initiated	30-11-2019
Last modified	19-08-2020

Submission Metadata

Authors

Name	Rina Nurianingasih  (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/user/email?redirectUrl=https%3A%2F%2Fejournal.undip.ac.id%2Findex.php%2Fksa%2Fauthor%2Fsubmission%2F25002&to%5B%5D=Rina%20Nurianingasih%20)
Affiliation	Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang
Country	Indonesia
Bio Statement	—
Name	Sriatun Sriatun  (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/user/email?redirectUrl=https%3A%2F%2Fejournal.undip.ac.id%2Findex.php%2Fksa%2Fauthor%2Fsubmission%2F25002&to%5B%5D=Sriatun%20Sriatun%20)
ORCID iD	http://orcid.org/0000-0001-5589-2956 (http://orcid.org/0000-0001-5589-2956)
Scopus ID	57190872093 (http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190872093)

Sinta ID	6038594 (http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=6038594&view=overview).
Affiliation	Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang
Country	Indonesia
Bio Statement	—
Principal contact for editorial correspondence.	
Name	Adi Darmawan  (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/user/email?redirectUrl=https%3A%2F%2Fjournal.undip.ac.id%2Findex.php%2Fksa%2Fauthor%2Fsubmission%2F25002&to%5B%5D=Adi%20Darmawan%20
ORCID iD	http://orcid.org/0000-0001-5744-5789 (http://orcid.org/0000-0001-5744-5789).
Scopus ID	55953897600 (http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55953897600)
Sinta ID	6007400 (http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=6007400&view=overview).
Affiliation	Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang
Country	Indonesia
Bio Statement	—

Title and Abstract

Title	Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion
Abstract	Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:\text{NH}_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore, it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF 1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that natural zeolite successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicated the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data showed that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions was zeolite-PANI 0.01M. The best pH was 4, the initial concentration of Cr(III) metal ions was 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48.13%.

Indexing

Keywords	natural zeolite; polyaniline; adsorbent; Cr(III)
Language	en

Supporting Agencies

Agencies	—
Agencies Doi	—

References

References	Balwinder Kaur and Rajendra Srivastava, Simultaneous determination of epinephrine, paracetamol, and folic acid using transition metal ion-exchanged
-------------------	---

polyaniline-zeolite organic-inorganic hybrid materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476-488 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081>

Anis Komariah, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13-18 <https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18>

Priyanka Jain, Shilpa Varshney and Shalini Srivastava, Site-specific functionalization for chemical speciation of Cr(III) and Cr(VI) using polyaniline impregnated nanocellulose composite: equilibrium, kinetic, and thermodynamic modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827-1839 <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1>

Abdulsalam A. Shyaa, Omar A. Hasan and Ahmed M. Abbas, Synthesis and characterization of polyaniline/zeolite nanocomposite for the removal of chromium(VI) from aqueous solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101-107 <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001>

Muzzaffar Ahmad Mir, Muzzaffar Ahmad Bhat, Sheikh Abdul Majid, Shabir H. Lone, Manzoor Ahmad Malla, Kautily Rao Tiwari, Ashiq Hussain Pandit, Radha Tomar and Rayees Ahmad Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137-1146 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027>

Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Rabia, Mohamed Shaban and Francis Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501-2511 <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030>

Anka Jevremović, Patrycja Bober, Matej Mičušík, Jaroslav Kuliček, Udit Acharya, Jiří Pflieger, Maja Milojević-Rakić, Danina Krajišnik, Miroslava Trchová, Jaroslav Stejskal and Gordana Ćirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234-245 <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006>

Mohamed Adel Sayed, Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Abdel Salam, Sobhy M. Yakout, Ahmed A. Abdeltawab and Ibrahim M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943>

Afshin Maleki, Bagher Hayati, Maryam Naghizadeh and Sang W. Joo, Adsorption of hexavalent chromium by metal organic frameworks from aqueous solution, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, (2015) 211-216 <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.02.016>

Rania E. Morsi, E. A. Khamis and A. M. Al-Sabagh, Polyaniline nanotubes: Facile synthesis, electrochemical, quantum chemical characteristics and corrosion inhibition efficiency, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, (2016) 573-581 <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.028>

Nomcebo H. Mthombeni, Maurice S. Onyango and Ochieng Aoyi, Adsorption of hexavalent chromium onto magnetic natural zeolite-polymer composite, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, (2015) 242-251 <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.037>

Deyi Wu, Yanming Sui, Shengbing He, Xinze Wang, Chunjie Li and Hainan Kong, Removal of trivalent chromium from aqueous solution by zeolite synthesized from coal fly ash, *Journal of Hazardous Materials*, 155, 3, (2008) 415-423 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.082>

Dewi Yuanita Lestari, Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*, Yogyakarta, (2010).

Sofian Ansori, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19, 2, (2016) 68-71 <https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.68-71>

Iman Rahayu, Annisa Wijayati and Sahrul Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2, 1, (2015) 74-79 <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3143>

Gordon G. Wallace, Peter R. Teasdale, Geoffrey M. Spinks and Leon A.P. Kane-Maguire, *Conductive Electroactive Polymers: Intelligent Materials Systems*,

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI)

Sebagai adsorben ion logam kromium (III)

Rina Nurianingsih, Sriatun, Adi Darmawan

Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Diponegoro

sriatun@live.undip.ac.id, adidarmawan@live.undip.ac.id

Abstract.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina ($:NH_2$) dan imina (NH^+). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan salah satu masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr (III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm) dan pH sistem (1,2,3 dan 4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr (III) adalah zeolit-PANI 0,01, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr (III)

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[SiO_4]^{-4}$ dan $[AlO_4]^{-5}$ terhubung oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas ^[1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk modifikasi permukaan, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben. Salah satu modifikasi zeolit yang dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi ^[2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina ($:NH_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks

protonasi-deprotonasi ^[3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan kromium (IV) dalam larutan ^[4]. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Jain dkk. melakukan modifikasi komposit Nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI). Hasil yang diperoleh yaitu PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik Cr (VI) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12%.

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius ^[5,6]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam Kromium. Kromium (III) merupakan logam yang cukup berlimpah sebagai logam yang menjadi kontaminan dari proses industri ^[7], sehingga dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium (III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam Cr(III) yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina ($:NH_2$) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah

- untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi menggunakan Polianilin (PANI) dan
- menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) berdasarkan variasi pH, dan konsentrasi.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF p.a Merck, Anilin p.a. Merck, HCl p.a Merck, Ammonium peroksodisulfat p.a Merck, $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ Powder Merck, Akuades, akuabides.

Alat: peralatan gelas, *magnetic stirrer* dan *stirrer bar*, *shaker* MAXQ 2000, cawan petri, kertas saring, indikator pH MERCK, oven BINDER, timbangan analitik OHAUS, Furnace VULCAN 3-130, spektrometer FT-IR, XRF, spektrometer UV-Vis.

2.2. *Prosedur penelitian*

2.2.1. *Preparasi dan aktivasi zeolite*

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110° selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110° C selama 4 jam.

2.2.2. *Modifikasi zeolit alam*

2.2.2.1. *Pembuatan garam Anilin-HCl*

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. *Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI)*

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram Ammonium Peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan dengan 50 mL larutan APS ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 5 jam. Variasi Konsentrasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi Polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR.

2.2.3. *Adsorpsi Ion Logam Kromium*

2.2.3.1. *Variasi konsentrasi*

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 mL larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500 ppm, Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

2.2.3.2. Variasi pH

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1;2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

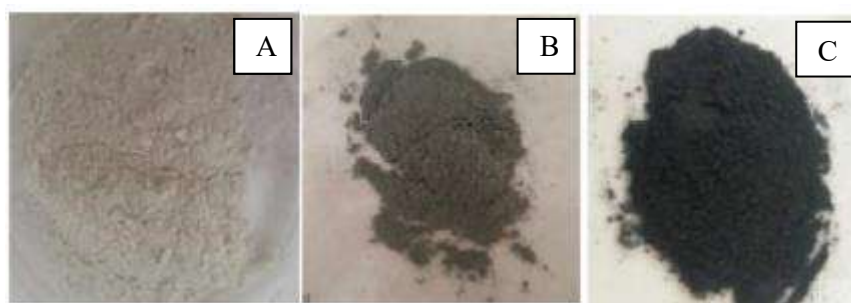
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Aktivasi zeolit alam

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia [8]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110°C selama 4 jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang akan mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit akan lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO , Fe_2O_3 , K_2O , dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin akan merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri. Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit akan semakin aktif untuk menyerap kation (NH_3^+) yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain [9].

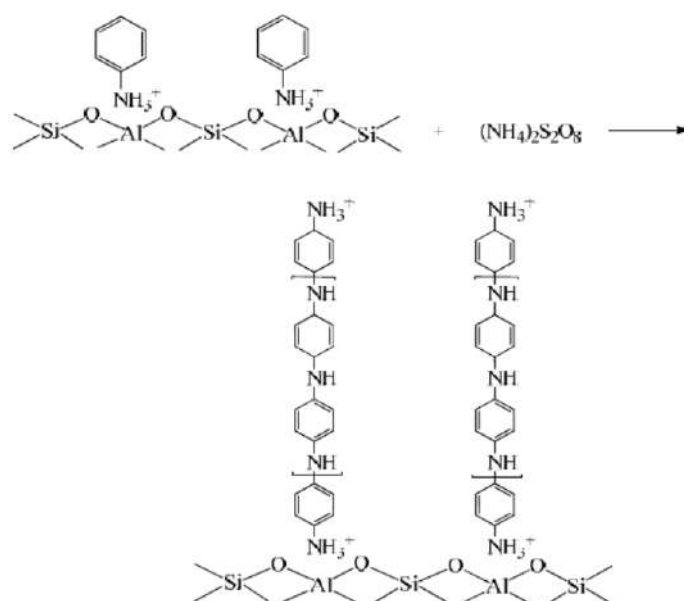
3.2. Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

Proses modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI yang diharapkan gugus N yang terikat pada gugus imin pada polianilin dapat membentuk $-\text{NH}_3^+$ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

Pada saat memodifikasi zeolit alam dengan polianilin ditambahkan terlebih dahulu monomer anilin ke dalam struktur zeolit negatif kemudian ditambahkan ammonium peroksodisulfat (APS), terlihat pada Gambar 2. Dari gambar dibawah menunjukkan bahwa gugus N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk -NH_3^+ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif .



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Hasil karakterisasi X-ray Fluoresence (XRF) pada zeolit alam dan zeolit-PANI menunjukkan adanya perbedaan komposisi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI

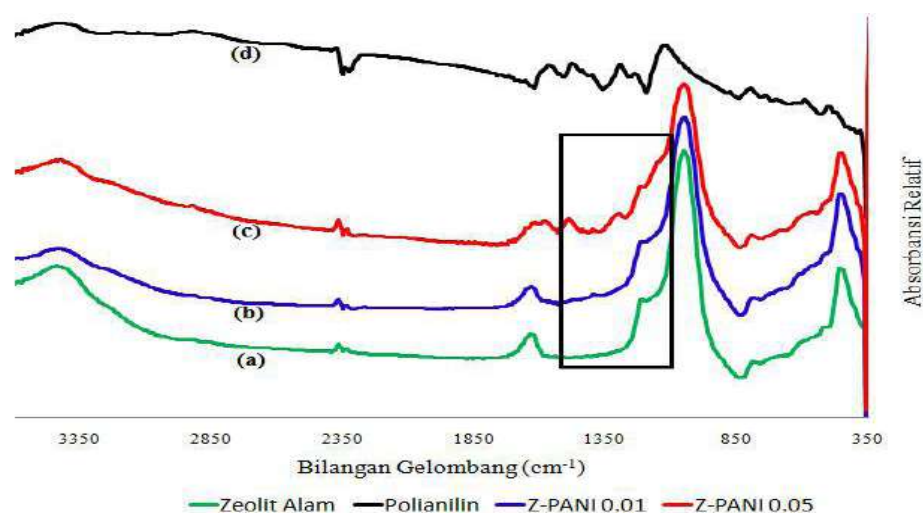
Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79
Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45

SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa zeolit yang telah dimodifikasi mengalami kenaikan pada jumlah rasionya daripada zeolit alam yaitu 13,54 dan 12,77 yang menjelaskan semakin besar jumlah rasio maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut.

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada spektra di atas, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm⁻¹ ikatan tetrahedral, yaitu (SiO₄)⁻⁴, bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan (AlO₄)⁻⁵. Bilangan gelombang 420-500 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm⁻¹ sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm⁻¹ [10].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI), bahwa pada panjang gelombang sekitar 1335-1250 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI, jelas bahwa intensitas puncak ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI dalam zeolit [3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi

melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar 116-1176,28 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar 1400-1500 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan 1500-1600 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C quinoid ^[11].

Dari hasil spektra FTIR di atas juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi Polianilin yang ditambahkan pada Zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai Polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

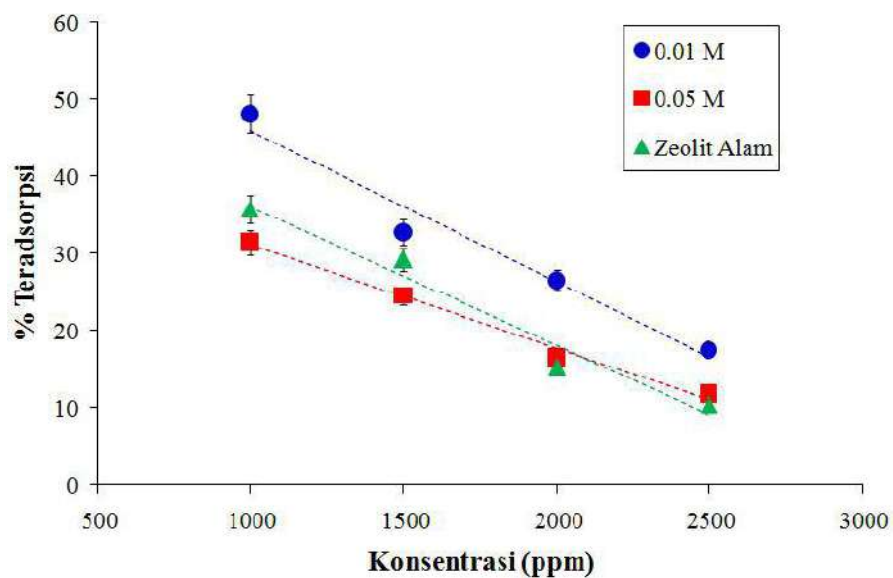
Jenis sampel	Intensitas absorpsi Gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O (1050,00 cm^{-1})	C-H (1162,23 cm^{-1})	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi fityk menunjukan bahwa rasio perbandingan gugus penyusun zeolit polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin ^[12].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium (III)

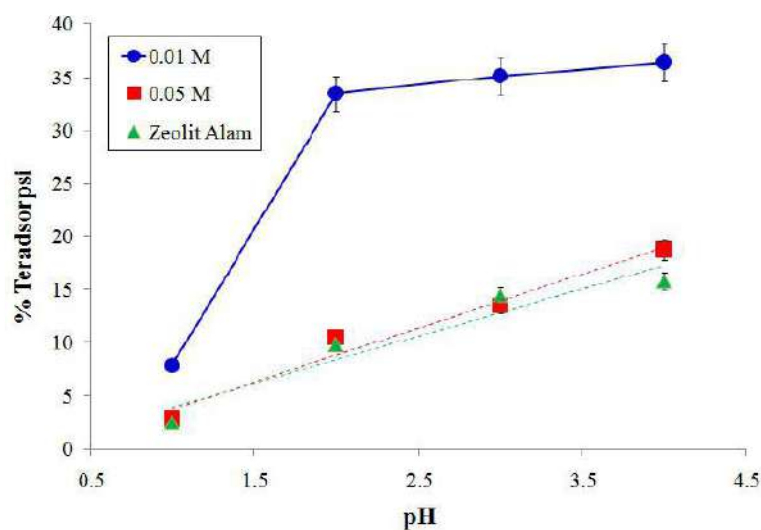
Untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) diaplikasikan untuk mengadsorp ion logam Cr(III). Proses aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Cr (III) yaitu 1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm serta variasi pH system 1,2,3 dan 4, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH system dengan persentase ion logam yang teradsorp terdapat pada Gambar 5.

Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut. sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi elektrostatik antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang terdeprotonasi menjadi (NH_3^+), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang berada di atas permukaan ^[13].



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr (III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, persentase teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.



Gambar 5. Grafik hubungan pH sistim dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr (III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh ketiga sampel/adsorben. Berdasarkan Gambar 5, ion logam Cr(III) yang teradsorpsi tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan persentase adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif ($:\text{NH}_2$) dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatik. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah $-\text{NH}_2$ dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan % teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework^[14], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun^[15]. Pada pH yang terlalu basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai K_{sp} yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi $\text{pH} > 5,29$ ^[16]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan $>5,29$ dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium (III) hidroksida^[17].

Referensi

- [1] Kaur, B. dan Srivastava, R., 2015, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic–Inorganic Hybrid Materials. *Sensors and Actuators B: Chemical* **211**: 476-488.
- [2] Komariah, A., Sriatun, S., Pardoyo, P., 2017, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* **20 (1)**: 13-18,
- [3] Jain, P., Varshney, S. dan Srivastava, S., 2015, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite:

- Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling.
- [4] Shyaa, A. A., Hasan, O. A. dan Abbas, A. M., 2015, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zelite Nanocomposite for the Removal of Chromium(Vi) from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society* **19**(1): 101-107.
 - [5] Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M. dan Joo, S. W., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
 - [6] Morsi, R. E., Khamis, E. dan Al-Sabagh, A., 2015, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
 - [7] Mthombeni, N. H., Onyango, M. S. dan Aoyi, O., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
 - [8] Lestari, D. Y., 2010, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
 - [9] Ansori, S., Sariatun Sariatun, Pardoyo, 2016, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2) (2016): 68 – 71
 - [10] Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia.
 - [11] Olad, A., Khatamian, M. dan Naseri, B., 2011, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles. *Journal of the Iranian Chemical Society* **8**(1): S141-S151.
 - [12] Wibowo, A., 2007, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell.
 - [13] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn²⁺ from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. *Minerals Engineering* **23**: 1131-1138.
 - [14] Sariatun, Buntarto, D., Darmawan, A., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* , 11 (1) (2008) : 11–14.
 - [15] Wang, T. C.-H., 2002, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, massachusetts institute of technology.
 - [16] Tan, C. Z., Zhou. Sai, Xu. Hongtao, Wang. Wenjing, Lu, 2015, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge. *Bioresource Technology* **190**: 388-394.
 - [17] Basset, J., 1994, *Buku Aja Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. P. B. K. EGC. Jakarta.



LAMPIRAN 2

Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

[JKSA] Editor Decision - your submission needs to be revised

Dr. Yayuk Astuti <yayuk.astuti@live.undip.ac.id>

Mon, Oct 14, 2019 at 11:10 AM

To: Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

Dear Sriatun Sriatun

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, "Zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam kromium (III)".

Our decision is that you need to revise this manuscript according to the feedback from the review.

When submitting back to us, please include:

- (i) the answers to the reviewer questions (in docx format) (an example of the answers to the reviewer questions is attached) and
 - (ii) the revised manuscript (in docx format) (Make sure that the revised manuscripts are cleared from the reviewer comments)
- Compress both files into one zip file and then upload.

Please submit this paper no more than 14 days from now.

Regards

Dr. Yayuk Astuti
Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang
yayuk.astuti@live.undip.ac.id

Editor comment:

If possible, please cite articles published by JKSA

Please see reviewers comments in the manuscript

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi
<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) Sebagai Adsorben Ion Logam Kromium(III)

Abstract.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH_2) dan imina (NH^+). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan salah satu masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr(III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm) dan pH sistim (1,2,3 dan 4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr(III)

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ terhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas [1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk modifikasi permukaan, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben. Salah satu modifikasi zeolit yang dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi [2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina (:NH_2) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks protonasi-deprotonasi [3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan kromium (IV) dalam larutan [4]. Dari

Commented [T1]: What abilities does zeolite have?

Commented [T2]: Is writing the imina formula correct?

Commented [T3]: Writing chromium oxidation numbers without spaces

Commented [T4]: writing chromium oxidation numbers without spaces

Commented [T5]: code or concentration?

Commented [T6]: no space

Commented [T7]: Citation numbering rules in this journal are checked again whether written in the form of superscripts or not

Commented [T8]: see comments [T6]

Commented [T9]: Is writing the imina formula correct?

Commented [T10]: see comment [T6]

Commented [T11]: see comment [T6]

penelitian tersebut diperoleh bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. (Jain dkk.) melakukan modifikasi komposit Nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI). Hasil yang diperoleh yaitu PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik (Cr (VI)) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12%.

Commented [T12]: Not yet written year citation

Commented [T13]: no space in oxidation number

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius [5,6]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam kromium. (Kromium (III)) merupakan logam yang cukup berlimpah sebagai logam yang menjadi kontaminan dari proses industry [7], sehingga dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium (III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatis dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam Cr(III) yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina (:NH₂) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi menggunakan Polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) berdasarkan variasi pH, dan konsentrasi.

Commented [T14]: see comment [T6]

Commented [T15]: see comment [T12]

Commented [T16]: see comment [T6]

Commented [T17]: see comment [T12]

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF p.a Merck, Anilin p.a. Merck, HCl p.a Merck, Ammonium peroksodisulfat p.a Merck, CrCl₃·6H₂O Powder Merck, Akuades, akuabides.)

Commented [T18]: se comment [T21]

Commented [T19]: The origin of the raw material is written in brackets. Example: HNO₃ (E. Merck) and so on.

Alat: peralatan gelas, magnetic stirrer dan stirrer bar, shaker MAXQ 2000, cawan petri, kertas saring, indikator pH MERCK, oven BINDER, timbangan analitik OHAUS, Furnace VULCAN 3-130, spektrometer FT-IR, XRF, spektrometer UV-Vis.)

Commented [T20]: Please, give the specification of apparatus

2.2. *Prosedur penelitian*

2.2.1. *Preparasi dan aktivasi zeolite*

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110° selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110° C selama 4 jam.)

Commented [T21]: Use insert syombol to find the symbol of degree

Commented [T22]: Is fonts size 11 or 12 points?

2.2.2. *Modifikasi zeolit alam*

2.2.2.1. *Pembuatan garam Anilin-HCl*

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. *Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI)*

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram Ammonium Peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan ke dalam 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan dengan 50 mL larutan APS ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 5 jam. Variasi Konsentasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi Polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR.

2.2.3. *Adsorpsi Ion Logam Kromium*

2.2.3.1. *Variasi konsentrasi*

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500 ppm. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Commented [T23]: use the symbol insert to find the dot symbol in the middle. Example: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

2.2.3.2. *Variasi pH*

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH ; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.)

Commented [T24]: see comment T20

Commented [T25]: Is font size 11 or 12 points?

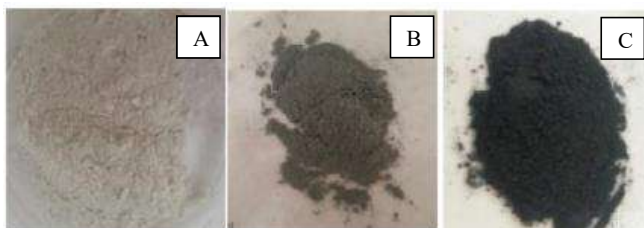
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Aktivasi zeolit alam

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia [8]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110° C selama 4 jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang akan mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit akan lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO, Fe₂O₃, K₂O, dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin akan merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri. Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit akan semakin aktif untuk menyerap kation (NH₃⁺) yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110° C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain [9].

3.2 Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

Proses modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI yang diharapkan gugus N yang terikat pada gugus imina pada polianilin dapat membentuk -NH₃⁺ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1.)



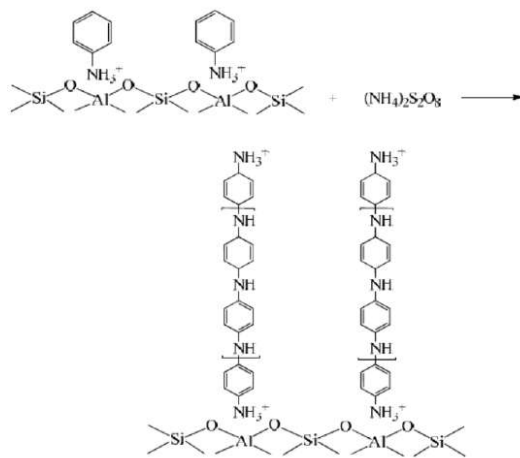
Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

Commented [T26]: see previous comment

Commented [T27]: please correct the sentence so it is not ambiguous

Commented [T28]: Is font size 11 or 12 points?

Pada saat memodifikasi zeolit alam dengan polianilin ditambahkan terlebih dahulu monomer anilin ke dalam struktur zeolit negatif kemudian ditambahkan ammonium peroksodisulfat (APS), terlihat pada Gambar 2. Dari gambar di bawah menunjukkan bahwa gugus N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk -NH_3^+ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif).



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Hasil karakterisasi X-ray Fluoresence (XRF) pada zeolit alam dan zeolit-PANI menunjukkan adanya perbedaan komposisi seperti pada tabel 1.)

Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI)

Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79
Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45
SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa zeolit yang telah dimodifikasi mengalami kenaikan pada jumlah rasionya daripada zeolit alam yaitu 13,54 dan 12,77 yang menjelaskan semakin besar jumlah rasio maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut.)

Commented [T29]: Is font size 11 or 12 points?

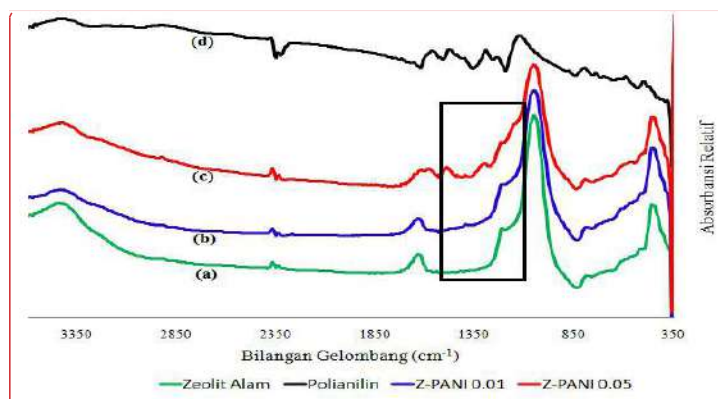
Commented [T30]: Table titles must be uppercase

Commented [T31]: Is font size 11 or 12 points?

Commented [T32]: Is font size 11 or 12 points?

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada spektra di atas, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} ikatan tetrahedral, yaitu $(\text{SiO}_4)^{4-}$, bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan $(\text{AlO}_4)^{5-}$. Bilangan gelombang 420-500 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm^{-1} sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm^{-1} [10].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI, bahwa pada panjang gelombang sekitar 1335-1250 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI, jelas bahwa intensitas puncak ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI dalam zeolit [3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar 116-1176,28 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar 1400-1500 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan 1500-1600 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C quinoid [11].

Dari hasil spektra FTIR di atas juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya

Commented [T33]: Is font size 11 or 12 points?

Commented [T34]: Label on the legend why there is no description?

Box labels should not be too thick

Commented [T35]: use square brackets

Commented [T36]: use square brackets

Commented [T37]: incorrect unit writing

Commented [T38]: Citation numbering rules in this journal are checked again whether written in the form of superscripts or not

Commented [T39]: see previous comment

Commented [T40]: see previous comment

Commented [T41]:

sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi polianilin yang ditambahkan pada Zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

Jenis sampel	Intensitas absorpsi gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O (1050,00 cm ⁻¹)	C-H (1162,23 cm ⁻¹)	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi Fityk menunjukan bahwa rasio perbandingan gugus penyusun zeolit polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin ^[12].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium(III)

Untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) diaplikasikan untuk mengadsorp ion logam Cr(III). Proses aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Cr (III) yaitu 1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm serta variasi pH system 1,2,3 dan 4, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH system dengan persentase ion logam yang teradsorpsi terdapat pada Gambar 5.

Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut. sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi eletrostatik antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang

Commented [T42]: Please read the rules for using uppercase in Indonesian.

Commented [T43]: what stands for?
In the previous section there is no explanation for this abbreviation

Commented [T44]: Is font size 11 or 12 points?

Commented [T45]: Check the rules for creating tables

Commented [T46]: no space for oxidation number

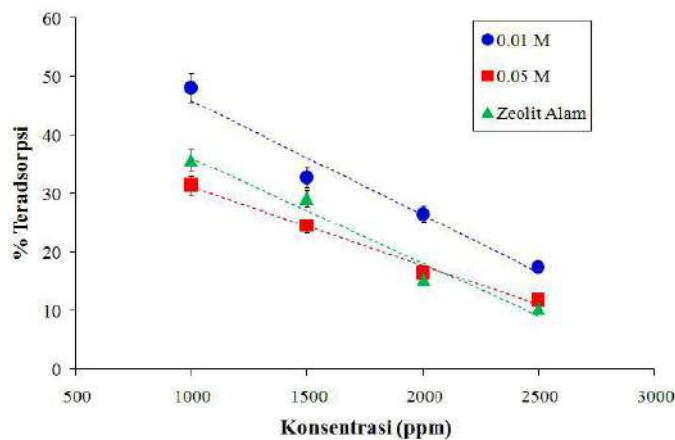
Commented [T47]: no space for oxidation number

Commented [T48]: no space for oxidation number

terdeprotonasi menjadi (NH_3^+), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang berada di atas permukaan ^[13].

Commented [T49]: Is font size 11 or 12 points?

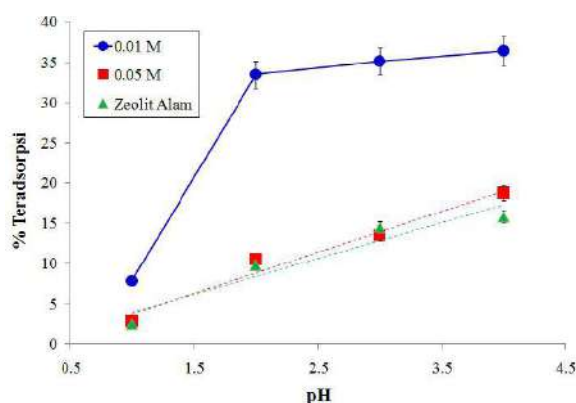
Commented [T50]: Please ceck writing superscript



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr (III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, persentase teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.

Commented [T51]: Is font size 11 or 12 points?



Gambar 5. Grafik hubungan pH sistim dengan persentase teradsorbsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr(III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh ketiga sampel/adsorben. Berdasarkan Gambar 5, ion logam Cr(III) yang teradsorp tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan persentase adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif (:NH₂) dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatis. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah -NH₂ dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan % teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework^[14], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun^[15]. Pada pH yang terlalu basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai Ksp yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi pH > 5,29^[16]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan >5,29 dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium(III) hidroksida^[17].

Commented [T52]: see previous comment

Commented [T53]: see previous comment

Commented [T54]: see previous comment

Commented [T55]: Is font size 11 or 12 points?

Referensi

- [1] Kaur, B. dan Srivastava, R., 2015, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline-Zeolite Organic-Inorganic Hybrid Materials. *Sensors and Actuators B: Chemical* **211**: 476-488.
- [2] Komariah, A., Sriatun, S., Pardoyo, P., 2017, Adsorpsi Alkil Benzene Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* **20** (1): 13-18.
- [3] Jain, P., Varshney, S. dan Srivastava, S., 2015, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling.
- [4] Shyaa, A. A., Hasan, O. A. dan Abbas, A. M., 2015, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zelite Nanocomposite for the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society* **19**(1): 101-107.
- [5] Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M. dan Joo, S. W., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- [6] Morsi, R. E., Khamis, E. dan Al-Sabagh, A., 2015, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
- [7] Mthombeni, N. H., Onyango, M. S. dan Aoyi, O., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
- [8] Lestari, D. Y., 2010, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- [9] Ansori, S., Sriatun Sriatun, Pardoyo, 2016, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂

sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2) (2016): 68 – 71

- [10] Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM, Malaysia.
- [11] Olad, A., Khatamian, M. dan Naseri, B., 2011, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles. *Journal of the Iranian Chemical Society* 8(1): S141-S151.
- [12] Wibowo, A., 2007, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell.
- [13] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn^{2+} from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. *Minerals Engineering* 23: 1131-1138.
- [14] Sriatun, Buntarto, D., Darmawan, A., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan Hexadecyltrimethyl Ammonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11 (1) (2008) : 11–14.
- [15] Wang, T. C.-H., 2002, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, (massachusetts institute of technology).
- [16] Tan, C. Z., Zhou. Sai, Xu. Hongtao, Wang. Wenjing, Lu, 2015, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge. *Bioresource Technology* 190: 388-394.
- [17] Basset, J., 1994, *Buku Aja Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. P. B. K. EGC. Jakarta.)

Commented [T56]: Use capital letters at the beginning of the word because it states the name of the university

Commented [T57]: There are font sizes 11 and 12. Uniform the size of the letters

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) Sebagai adsorben ion logam kromium (III)

Abstract.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan **apa ?** zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH_2) dan imina (NH^+). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan salah **apa ?** masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr (III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm) **tidak usah dimasukkan nilainya** dan pH sistim (1,2,3 dan 4) **tidak usah dimasukkan nilainya**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr (III) adalah zeolit-PANI 0,01, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Sebaiknya dijelaskan mengapa konsentrasi divariasi dan pH divariasi pada proses adsorpsi Cr(III), kan Cr(III) tidak stabil .

Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr (III)

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$ terhubungkan oleh **atom oksigen** sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas^[1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk modifikasi permukaan, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben. Salah satu modifikasi zeolit yang dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi^[2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina (:NH_2) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks

protonasi-deprotonasi^[3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan kromium (IV) atau Cr(VI) dalam larutan ^[4]. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Jain dkk. melakukan modifikasi komposit Nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI). Hasil yang diperoleh yaitu PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik Cr(VI) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12%.

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius^[5,6]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam Kromium. Kromium (III) merupakan logam yang cukup berlimpah sebagai logam yang menjadi kontaminan dari proses industri^[7], sehingga dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium (III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam $\text{Cr}(\text{III})$ yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina ($:\text{NH}_2$) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah

- untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi menggunakan Polianilin (PANI) dan
- menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) berdasarkan variasi pH, dan konsentrasi. **Jelaskan mengapa pH dan konsentrasi Cr(VI) berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi zeolit**

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF p.a Merck, Anilin p.a. Merck (**mana polianilin**), HCl p.a Merck, Ammonium peroksodisulfat p.a Merck, $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Powder Merck, Akuades, akuabides.

Alat: peralatan gelas, *magnetic stirrer* dan *stirrer bar*, *shaker* MAXQ 2000, cawan petri, kertas saring, indikator pH MERCK, oven BINDER, timbangan analitik OHAUS, Furnace VULCAN 3-130, spektrometer FT-IR, XRF, spektrometer UV-Vis.

2.2. *Prosedur penelitian*

2.2.1. *Preparasi dan **aktivasizeolite***

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110°C selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. **Font tidak sama**

2.2.2. *Modifikasi zeolit alam*

2.2.2.1. *Pembuatan garam Anilin-HCl*

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. *Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI) **jelaskan terbentuknya polianilin dari anilin***

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram Ammonium Peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan dengan 50 mL larutan APS ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 5 jam. Variasi Konsentrasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi Polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR.

2.2.3. *Adsorpsi Ion Logam Kromium*

2.2.3.1. *Variasi konsentrasi*

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 mL larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500 ppm, **Campuran** diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Bagaimana memastikan Cr(III) 1000 ppm dari larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (berapa ppm larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

2.2.3.2. Variasi pH

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Mengapa pada pH asam padahal zeolit rentan terhadap asam beri penjelasan.

3. Hasil dan Pembahasan

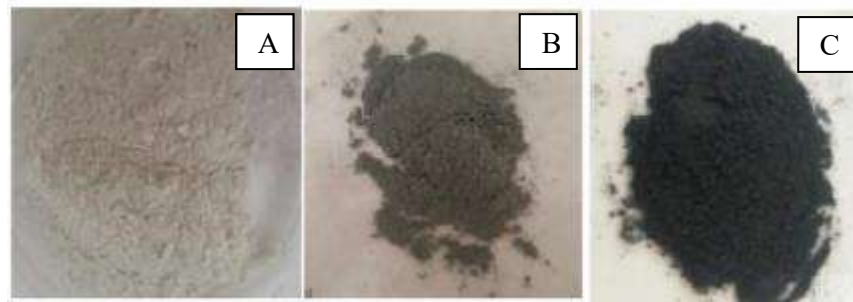
3.1 Aktivasi zeolit alam

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia^[8]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110°C selama 4 jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang akan mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit akan lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO , Fe_2O_3 , K_2O , dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin akan merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri. Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit akan semakin aktif untuk menyerap kation (NH_3^+) yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain^[9]. Bagaimana memastikan bahwa sudah terbebas dari Ca, Mg, Fe dan lain-lain dan mengapa harus terbebas dari pengotor.

3.2. Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

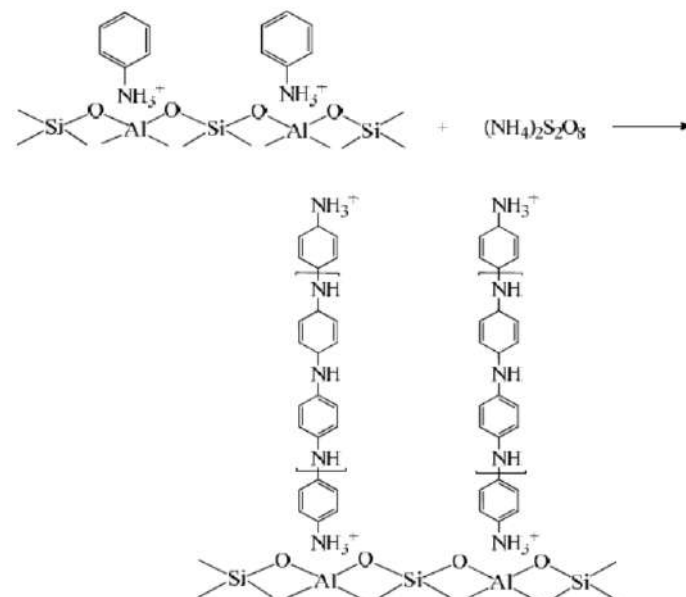
Proses modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI yang diharapkan gugus N yang terikat pada gugus imin pada polianilin dapat membentuk $-\text{NH}_3^+$ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam

yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit **apa ?** (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

Pada saat memodifikasi zeolit alam dengan polianilin ditambahkan terlebih dahulu monomer anilin ke dalam struktur zeolit negatif kemudian **ditambahkan ammonium** peroksodisulfat (APS), terlihat pada Gambar 2. Dari gambar dibawah menunjukkan bahwa gugus N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk -NH_3^+ sehingga mudah berikatan dengan zeolit yang cenderung negatif .



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI (**tuliskan sumber**)

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Hasil karakterisasi X-ray Fluorescence (XRF) pada zeolit alam dan zeolit-PANI menunjukkan adanya perbedaan komposisi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI

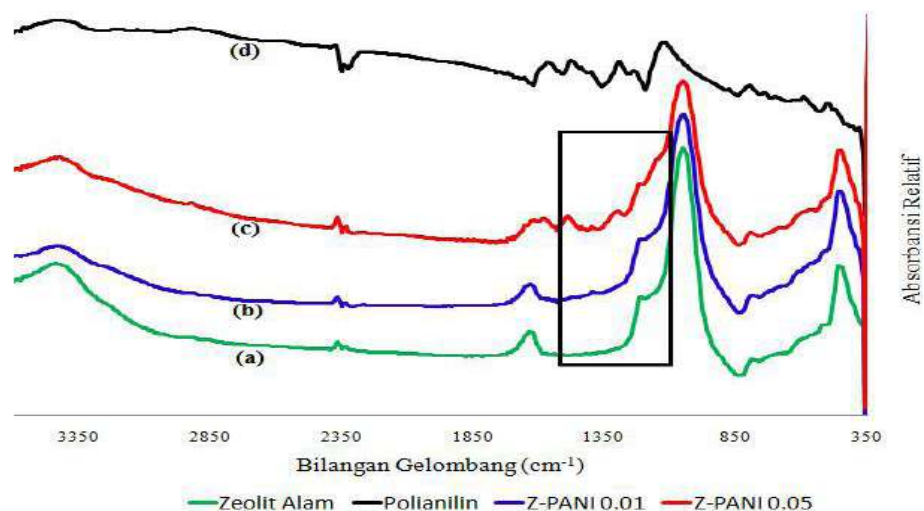
Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79

Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45
SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa zeolit yangtelah dimodifikasi mengalami kenaikan pada jumlah rasionya **daripada** zeolit **alam**yaitu 13,54 dan **12,77**yang menjelaskan semakin besar jumlah rasio maka **jumlahmuatan** positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar **anion**yang besar pada zeolit tersebut. **Jelaskan mengapa zeolit-pani mengandung P₂O₅.**

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada spektra di atas, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm⁻¹ ikatan tetrahedral, yaitu (SiO₄)⁻⁴, bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan (AlO₄)⁻⁵. Bilangan gelombang 420-500 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm⁻¹ merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm⁻¹ sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm⁻¹^[10].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI), bahwa pada panjang gelombangsekitar 1335-1250 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-**N**dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI, **mengapa ?** jelas bahwa intensitas puncak ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI

dalam zeolit^[3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar 116-1176,28 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar 1400-1500 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan 1500-1600 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C=C quinoid^[11].

Dari hasil spektra FTIR di atas juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi Polianilin yang ditambahkan pada Zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai Polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

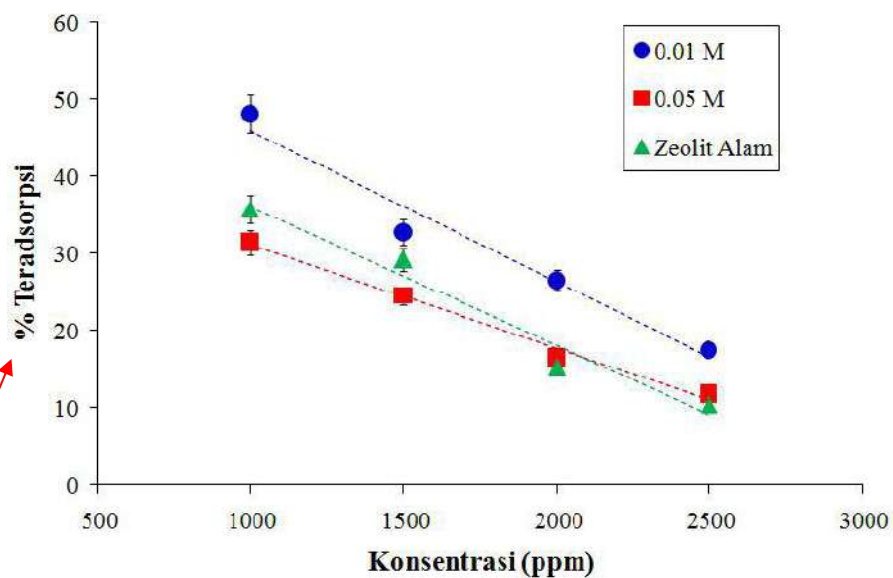
Jenis sampel	Intensitas absorpsi Gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O (1050,00 cm^{-1})	C-H (1162,23 cm^{-1})	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi fityk menunjukan bahwa rasio perbandingan gugus penyusun zeolit polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin^[12].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium (III)

Untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) diaplikasikan untuk mengadsorp ion logam Cr(III). Proses aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Cr (III) yaitu 1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm serta variasi pH system 1,2,3 dan 4, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH system dengan persentase ion logam yang teradsorp terdapat pada Gambar 5.

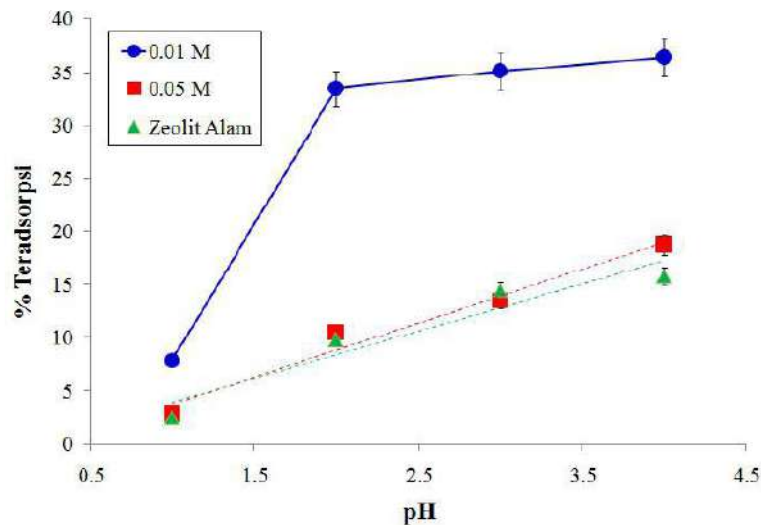
Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut. Sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi elektrostatik antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang terdeprotonasi menjadi (NH_3^+), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang beradadi atas permukaan^[13].



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr (III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Sebaiknya %teradsorsi diganti dengan efisiensi adsorpsi (%)

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr(III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, persentase teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada disepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.



Gambar 5. Grafik hubungan pH sistim dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr (III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh ketiga sampel/adsorben **Apa maksudnya ketiga sampel.** Berdasarkan Gambar 5, ion logam Cr(III) yang teradsorpsi tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1- 4 terjadi kenaikan persentase adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif ($:\text{NH}_2$) dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatis. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah $-\text{NH}_2$ dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan % teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework^[14], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun^[15]. Pada pH yang terlalu basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai K_{sp} yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi $\text{pH} > 5,29$ ^[16]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan $> 5,29$ dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium (III) hidroksida^[17].

Referensi

- [1] Kaur, B. dan Srivastava, R., 2015, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic–Inorganic Hybrid Materials. *Sensors and Actuators B: Chemical***211**: 476-488.
- [2] Komariah, A., Sriatun, S., Pardoyo, P., 2017, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* **20 (1)**: 13-18,
- [3] Jain, P., Varshney, S. dan Srivastava, S., 2015, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite:

- Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling.
- [4] Shyaa, A. A., Hasan, O. A. dan Abbas, A. M., 2015, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zeolite Nanocomposite for the Removal of Chromium(Vi) from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society* **19**(1): 101-107.
 - [5] Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M. dan Joo, S. W., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
 - [6] Morsi, R. E., Khamis, E. dan Al-Sabagh, A., 2015, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
 - [7] Mthombeni, N. H., Onyango, M. S. dan Aoyi, O., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
 - [8] Lestari, D. Y., 2010, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
 - [9] Ansori, S., Sariatun Sariatun, Pardoyo, 2016, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2) (2016): 68 – 71
 - [10] Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia.
 - [11] Olad, A., Khatamian, M. dan Naseri, B., 2011, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles. *Journal of the Iranian Chemical Society* **8**(1): S141-S151.
 - [12] Wibowo, A., 2007, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell.
 - [13] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn²⁺ from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. *Minerals Engineering* **23**: 1131-1138.
 - [14] Sariatun, Buntarto, D., Darmawan, A., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* , 11 (1) (2008) : 11–14.
 - [15] Wang, T. C.-H., 2002, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, massachusetts institute of technology.
 - [16] Tan, C. Z., Zhou. Sai, Xu. Hongtao, Wang. Wenjing, Lu, 2015, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge. *Bioresource Technology* **190**: 388-394.
 - [17] Basset, J., 1994, *Buku Aja Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. P. B. K. EGC. Jakarta.

LAMPIRAN 3

PENGIRIMAN ARTIKEL REVISI ROUND 1 DAN DAFTAR PERBAIKAN

Peer Review

Round 1

Review Version	25002-70409-2-RV.docx	18-09-2019
Initiated	18-09-2019	
Last modified	14-10-2019	
Uploaded file	Reviewer B	25002-73471-1-RV.docx 14-10-2019
	Reviewer A	25002-73155-1-RV.doc 08-10-2019
Editor Version	25002-72155-1-ED.docx	18-09-2019
Author Version	25002-73818-1-ED.rar	18-10-2019



Journal Profile

Last update: 26th October 2020
Number of documents: 493
Number of citations: 779
Google Scholar's IF: 779/493 = 1.580
h-Index: 10, i10-Index: 13
Google Scholar URL: [Click here](#)

Pengiriman artikel revisi round 1 dan daftar perbaikan melalui OJS JKSA, tanggal 18 Oktober 2019

Daftar Perbaikan artikel

RISALAH PERBAIKAN ARTIKEL JKSA

Judul : Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) Sebagai adsorben ion logam kromium(III)

REVIEWER	KOMENTAR UMUM	URAIAN PERBAIKAN
Reviewer B	Abstract. Kemampuan apa ? zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH₂) dan imina (NH⁺). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan salah apa ? masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr (III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorp ion logam Cr (III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm) tidak usah dimasukkan nilainya dan pH sistim (1,2,3 dan 4) tidak usah dimasukkan nilainya. Sebaiknya dijelaskan mengapa konsentrasi divariasi dan pH divariasi pada proses adsorpsi Cr(III), kan Cr(III) tidak stabil .	Abstract Telah diperbaiki Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH₂) dan imina (NH⁺). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr(III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorp ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam dan pH sistim. Telah diperbaiki Uraian mengenai alasan variasi konsentrasi dan pH pada proses adsorpsi ditambahkan pada bagian pendahuluan.

	PENDAHULUAN ...terhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa... ... menghilangkan kromium (IV) .. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah: - untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi menggunakan Polianilin (PANI) dan - menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) berdasarkan variasi pH, dan konsentrasi. Jelaskan mengapa pH dan konsentrasi Cr(VI) berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi zeolit	Telah diperbaikiterhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa.... ... menghilangkan Cr(VI)... Telah diperbaiki Alasan pH dan konsentrasi berpengaruh pada kemampuan adsorpsi telah ditambahkan dalam pendahuluan.
	METODE PENELITIAN 2.1. <i>Bahan dan alat</i> Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF p.a Merck, Anilin p.a. Merck (mana polianilin), HCl p.a Merck, Ammonium peroksodisulfat p.a Merck, CrCl₃.6H₂O Powder Merck, Akuades, akuabides.	Penjelasan: Polianilin bukan merupakan bahan awal/prekursor sehingga tidak termasuk bahan yang dicantumkan dalam sub bab bahan dan alat. Polianilin dibuat secara langsung ketika dilakukan tahap modifikasi zeolit alam.

	<i>2.1.1. Preparasi dan aktivasizeolite</i> Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110o selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Font tidak sama <i>2.2.2.2. Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI) jelaskan terbentuknya polianilin dari anilin</i> <i>2.2.3.1. Variasi konsentrasi</i> 2500 ppm, Campuran diaduk menggunakan <i>shaker</i> selama... Bagaimana memastikan Cr(III) 1000 ppm dari larutan CrCl₃.6H₂O (berapa ppm larutan CrCl₃.6H₂O)	Telah diperbaiki Ukuran font telah disamakan sesuai dengan ketentuan pada penulisan paper JKSA. Telah ditambahkan penjelasan terbentuknya polianilin dari anilin pada bagian pembahasan. Telah diperbaiki 2500 ppm, campuran diaduk menggunakan <i>shaker</i> selama... Penjelasan: Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran UV-Vis untuk konsentrasi awal sebelum proses adsorpsi,
--	--	---

	2.2.3.2. <i>Variasi pH</i> Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan <i>shaker</i> selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Mengapa pada pH asam padahal zeolit rentan terhadap asam beri penjelasan.	jadi hanya menggunakan perhitungan pengenceran dari larutan induk. Konsentrasi adsorbat merujuk pada ion Cr(III), sehingga perhitungan didasarkan pada Cr dalam $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Perbandingan Cr: $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ adalah 1:5,125 Konsentrasi larutan induk Cr(III) adalah 2500 ppm. Untuk mendapatkan larutan Cr(III) konsentrasi 2500 ppm sebanyak 250 mL diperlukan Cr(III) sebanyak 0,625 g atau 3,203 g $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Jadi untuk Cr(III) konsentrasi 2500 ppm setara dengan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 12812 ppm. Larutan induk tersebut, selanjutnya diencerkan menjadi konsentrasi 2000, 1500 dan 1000 ppm. Larutan Cr(III) 1000 ppm setara dengan larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 5125 ppm. Telah ditambahkan penjelasan tentang pengkondisian pH di dalam pembahasan. Pengkondisian pH dilakukan terhadap larutan Cr(III) sebelum diinteraksikan dengan zeolit. Pemilihan pH pada range asam dikarena kromium berada dalam bentuk Cr(III) bebas atau Cr^{3+}, jika pada pH lebih tinggi dimungkinkan adsorpsi dapat terinterferensi oleh terbentuk endapan Cr(OH)_3, mengingat $K_{sp} \text{Cr(OH)}_3$ $2,9 \times 10^{-29}$, mudah terbentuk endapan.
--	--	--

	HASIL DAN PEMBAHASAN 3.1. Aktivasi zeolit alam Bagaimana memastikan bahwa sudah terbebas dari Ca, Mg, Fe dan lain-lain dan mengapa harus terbebas dari pengotor.	Telah ditambahkan dalam pembahasan. Pada proses aktivasi ditambahkan HF 1%, agar unsur maupun logam-logam lain yang terdapat pada zeolit di luar kerangka/framework dapat larut. Keberadaan logam atau unsur tersebut dapat diketahui melalui analisis unsur menggunakan XRF. Data hasil pengukuran XRF terdapat pada Tabel 1. Namun dalam penelitian ini zeolit setelah aktivasi masih mengandung logam Ca dan Fe. Pengurangan atau bahkan penghilangan unsur tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah [8] dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan.
Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit apa ?(B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M		Telah diperbaiki

	Pada saat memodifikasi zeolit alam dengan polianilin ditambahkan terlebih dahulu monomer anilin ke dalam struktur zeolit negatif kemudian ditambahkan ammonium peroksodisulfat (APS), terlihat pada Gambar 2. Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI (tuliskan sumber) Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa zeolit yang telah dimodifikasi mengalami kenaikan pada jumlah rasionya daripada zeolit alami yaitu 13,54 dan 12,77 yang menjelaskan semakin besar jumlah rasio maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut. Jelaskan mengapa zeolit-pani mengandung P_2O_5.	Telah diperbaiki Dalam gambar ini tidak dicantumkan sumbernya, karena tidak mengambil dari suatu sumber. Interaksi ini masih berdasarkan perkiraan/asumsi kami berdasarkan gugus fungsi yang mempunyai potensi berinteraksi. Telah diperbaiki Dari hasil analisis XRF pada Tabel 1, dalam sampel zeolit-PANI terdapat P_2O_5 sedangkan pada zeolit alam (sebelum modifikasi dengan PANI) tidak ada. Ada dua kemungkinan terkait hal ini, (1) dalam zeolit alam sebetulnya mengandung P_2O_5 namun tidak terdeteksi (karena beberapa jurnal menunjukkan keberadaan komponen tersebut) atau (2) pada zeolit-PANI sebetulnya tidak mengandung P_2O_5 namun bisa saja terkontaminasi ketika perlakuan pada saat analisis. Dalam penelitian tidak dilakukan pelacakan apakah
--	--	--

		kemungkinan 1 atau 2, karena bukan merupakan tujuan utama dalam penelitian ini.
	Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI, mengapa ?	Telah diperbaiki Telah ditambahkan alasannya dalam pembahasan
	Pada Gambar 4, Sebaiknya %teradsorpsi diganti dengan efisiensi adsorpsi (%)	Telah diperbaiki
	Adanya tarikanantara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr(III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, persentaseteradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada disepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakanantara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.	Telah diperbaiki
	Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr (III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh ketiga sampel/adsorben Apa maksudnya ketiga sampel.	Kalimat telah diperbaiki Ketiga sampel yang dimaksud adalah sampel zeolit alam, zeolit-PANI 0,01 M dan zeolit-PANI 0,05 M.

Reviewer A		
	Abstract. Kemampuan zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH₂) dan imina (NH₊). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan salah satu masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr (III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr (III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm) dan pH sistim (1,2,3 dan 4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang 1303 -1319 cm⁻¹ dan 1597 cm⁻¹ pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr (III) adalah zeolit-PANI 0,01, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%. Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr (III)	Telah diperbaiki

Commented [T1]: What abilities does zeolite have?

Commented [T2]: Is writing the imina formula correct?

Commented [T3]: Writing chromium oxidation numbers without spaces

Commented [T4]: writing chromium oxidation numbers without spaces

Commented [T5]: code or concentration?

Commented [T6]: no space

	PENDAHULUAN	
	Penulisan sitasi masih menggunakan superscript. Penulisan formula Penulisan bilangan oksidasi	Telah diperbaiki
	METODE PENELITIAN	
	Asal bahan ditulis dalam tanda kurung () Perlu dituliskan spesifikasi peralatan Penulisan simbol derajat Ukuran font Penulisan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Telah diperbaiki Spesifikasi atau merek peralatan telah ditambahkan Ukuran font adalah 12 sesuai dengan ketentuan pada JKSA Telah diperbaiki $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	Ukuran font	Telah diperbaiki, ukuran font 12 sesuai dengan ketentuan JKSA
	Penulisan sitasi masih menggunakan superscript.	Telah diperbaiki
	Pada sub 3.2. perlu perbaikan kalimat agar tidak ambigu.	Telah diperbaiki susunan kalimatnya.
	Label 1. Penulisan menggunakan awalan huruf besar	Telah diperbaiki
	Gambar 3.	Telah diperbaiki
	$(\text{SiO}_4)^{-4}$ dan $(\text{AlO}_4)^{-5}$ ditulis dalam kurung siku 650-850 cm^{-1}	Telah diperbaiki.

Commented [T7]: Table titles must be uppercase

Commented [T8]: use square brackets

Commented [T9]: use square brackets

Commented [T10]: incorrect unit writing

	Tabel 2 cek pembuatan tabel	Telah diperbaiki.
	REFERENSI	
	massachusetts institute of tecnology, ditulis dengan huruf besar karena merupakan nama unuversitas	Telah diperbaiki

Commented [T1 1]: Use capital letters at the beginning of the word because it states the name of the university

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI)

Sebagai adsorben ion logam kromium(III)

Abstract.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina ($:NH_2$). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr(III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam Cr(III) dan pH sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr(III)

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[SiO_4]^{-4}$ dan $[AlO_4]^{-5}$ terhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas [1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk modifikasi permukaan, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben. Salah satu modifikasi zeolit yang dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi [2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina ($:NH_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks protonasi-deprotonasi [3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan Cr(VI) dalam larutan [4]. Dari penelitian tersebut diperoleh

bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Pada modifikasi komposit nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI), diperoleh hasil PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik Cr(VI) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12% [3]. Telah dilaporkan oleh Mir dkk. [5] bahwa modifikasi zeolit nanostruktur oleh PANI juga telah dimanfaatkan dalam penginderaan karbon monoksida, heulandit/PANI digunakan untuk menghilangkan zat warna yang berkarakter asam secara efisien [6]. Baru-baru ini Jevremovic dkk. [7] melaporkan bahwa zeolit BEA/polianilin mempunyai kemampuan lebih tinggi untuk mengadsorpsi nicosulfuron. Selain itu zeolit termodifikasi PANI@Ni₂O₃ digunakan sebagai elektroda dalam pembuatan hidrogen dengan bahan baku air secara fotokatalitik [8].

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius [9, 10]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam Kromium. Kromium(III) merupakan logam yang cukup berlimpah yang menjadi kontaminan dari proses industri [11], Cr(III) merupakan keadaan oksidasi yang paling stabil dibandingkan lainnya, namun jika terdapat oksidator maka Cr(III) dapat teroksidasi menjadi Cr(VI). Oleh karena itu dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium(III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam Cr(III) yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina (:NH₂) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) terhadap ion Cr(III) berdasarkan variasi konsentrasi dan pH. Kajian mengenai pengaruh pH larutan Cr(III) diperlukan karena derajat keasaman menentukan spesies yang ada dalam larutan tersebut. Menurut Wu dkk. [12] dalam larutan berair pada pH 2 terdapat 98% spesies kromium sebagai Cr(III) bebas (Cr³⁺) dan 2% sebagai Cr(OH)²⁺, kenaikan pH menurunkan spesies Cr³⁺ dan meningkatkan pembentukan hidroksidanya. Variasi konsentrasi diperlukan karena

kemampuan/kapasitas suatu adsorben (zeolit termodifikasi PANI) dalam mengadsorpsi mempunyai terbatasan.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF (E. Merck), Anilin (E. Merck), HCl (E. Merck), Ammonium peroksodisulfat (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), Akuades, akuabides.

Alat: peralatan gelas, *magnetic stirrer* dan *stirrer bar, shaker* (MAXQ 2000), cawan petri, kertas saring, indikator pH (MERCK), oven (BINDER), timbangan analitik OHAUS, Furnace (VULCAN 3-130), spektrometer FT-IR (Shimadzu), XRF (EQUA), spektrometer UV-Vis (Perkin Elmer).

2.2. Prosedur penelitian

2.2.1. Preparasi dan aktivasi zeolit

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110°C selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam.

2.2.2. Modifikasi zeolit alam

2.2.2.1. Pembuatan garam Anilin-HCl

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI)

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram Ammonium Peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan dengan 50 mL larutan APS (Ammonium peroksodisulfat) ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan

perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 5 jam. Variasi Konsentrasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi Polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR, selanjutnya data FTIR diolah menggunakan aplikasi Fityx.

2.2.3. Adsorpsi Ion Logam Kromium

2.2.3.1. Variasi konsentrasi

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500 ppm, campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

2.2.3.2. Variasi pH

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Aktivasi zeolit alam

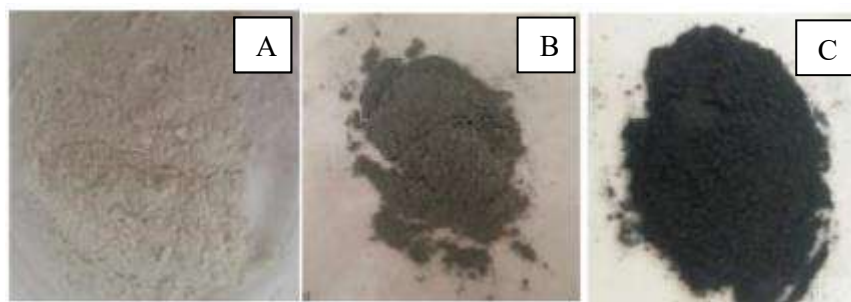
Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia [13]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110° C selama 4 jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang dapat mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO , Fe_2O_3 , K_2O , dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin dapat merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri. Pengurangan atau bahkan penghilangan logam atau oksida logam tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III) . Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur

zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan. Keberadaan unsur-unsur tersebut dapat diketahui dari hasil pengukuran XRF, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit semakin aktif untuk berinteraksi dengan $(-\text{NH}_2^+)$ yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain [14].

3.2. Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

Modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI. Atom N dari gugus imin yang terdapat pada polianilin dapat membentuk $-\text{NH}_2^+$ sehingga berpotensi untuk berinteraksi dengan permukaan zeolit yang mempunyai muatan negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1. Perubahan warna tersebut menunjukkan telah terbentuk polimer polianilin.

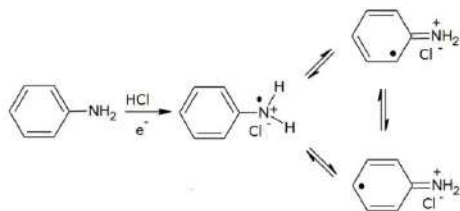


Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit alam (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

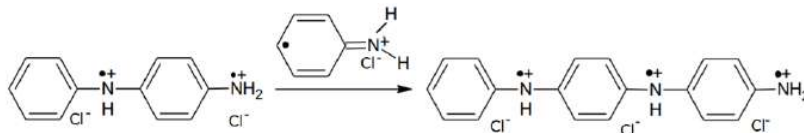
Zeolit-polianilin (zeolit-PANI) diperoleh dengan cara menambahkan monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) dan HCl ke dalam struktur zeolit, kemudian ditambahkan ammonium peroksodisulfat (APS) $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$. Polianilin merupakan hasil polimerisasi anilin dengan oksidator HCl. Polimerisasi tersebut diawali dengan tahap inisiasi dalam suasana asam, tahap ini

membutuhkan energi yang tinggi. APS digunakan sebagai agen inisiator mempunyai potensial oksidasi lebih tinggi dibanding anilin [15] sehingga proton pada asam dapat berikatan dengan gugus amin membentuk Ani-HCl. Menurut Taylor [16] dalam Yuningsih dkk. [17] pembentukan polimer polianilin dari anilin adalah sebagai berikut:

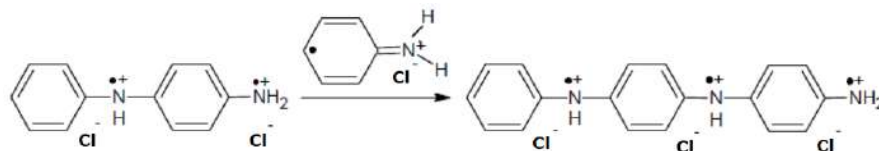
a. Tahap inisiasi



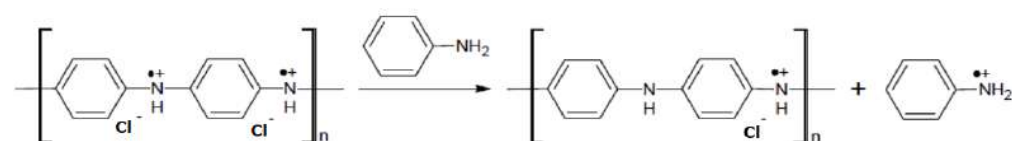
b. Tahap kopling



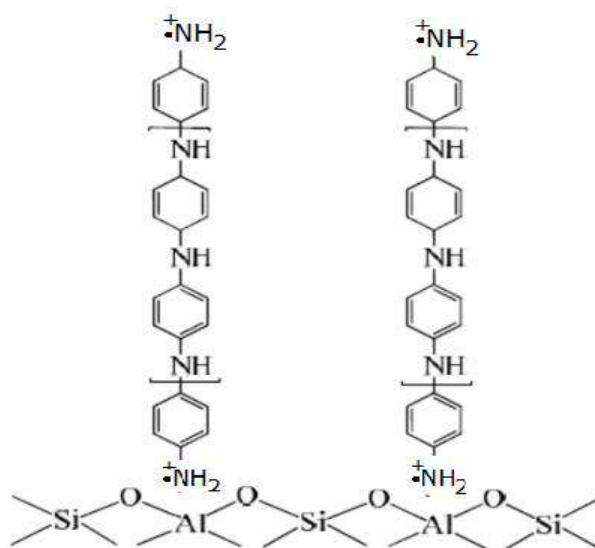
c. Tahap propagasi



d. Tahap terminasi



Pada Gambar 2, menunjukkan ilustrasi pembentukan Zeolit-PANI dimana atom N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk -NH_2^+ , diprediksikan dapat terjadi interaksi dengan muatan negatif yang terdapat pada permukaan zeolit.



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Pada proses aktivasi ditambahkan HF 1%, agar unsur maupun logam-logam lain yang terdapat pada zeolit di luar kerangka/framework dapat larut. Keberadaan logam atau unsur tersebut dapat diketahui melalui analisis unsur menggunakan X-ray Fluorescence (XRF). Data hasil pengukuran XRF terdapat pada Tabel 1. Namun dalam penelitian ini zeolit alam setelah aktivasi masih mengandung logam Ca dan Fe. Pengurangan atau bahkan penghilangan unsur tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan.

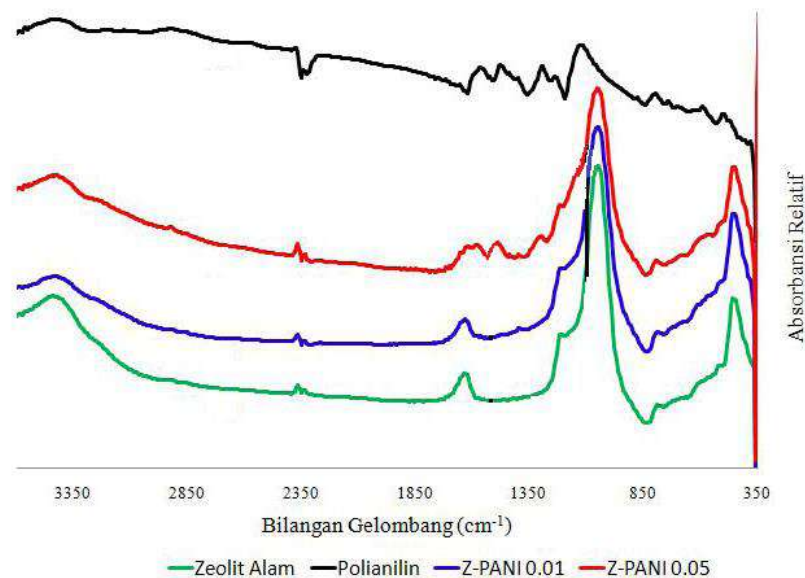
Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI

Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79
Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45
SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Berdasarkan Tabel 1 juga diperoleh informasi tentang komposisi SiO_2 dan Al_2O_3 . Hasil perhitungan menunjukkan zeolit yang telah dimodifikasi dengan PANI mengalami kenaikan rasio Si/Al nya, yaitu dari 10,94 pada zeolit alam menjadi 13,546 untuk Zeolit-PANI 0,01M dan 12,77 pada zeolit-PANI 0,05 M. Hal ini menjelaskan semakin tinggi rasio Si/Al nya maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut.

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada Gambar 3, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} ikatan tetrahedral, yaitu $[\text{SiO}_4]^{-4}$, bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$. Bilangan gelombang 420-500 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm^{-1} , sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm^{-1} [18].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI, bahwa pada panjang gelombang sekitar 1335-1250 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya

protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI karena dalam strukturnya mempunyai ikatan π terkonjugasi yang menyebabkan elektron dapat berpindah di sepanjang strukturnya. Pembentukan polimer PANI terjadi melalui interaksi gugus $-NH_2$ dan ion karbonium pada fenil sehingga terbentuk ikatan C-N. Intensitas serapan pada C-N ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI dalam zeolit [3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar $116-1176,28\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar $1400-1500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan $1500-1600\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C quinoid [19].

Spektra FTIR pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi Polianilin yang ditambahkan pada zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai Polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

Jenis sampel	Intensitas absorpsi Gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O ($1050,00\text{ cm}^{-1}$)	C-H ($1162,23\text{ cm}^{-1}$)	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

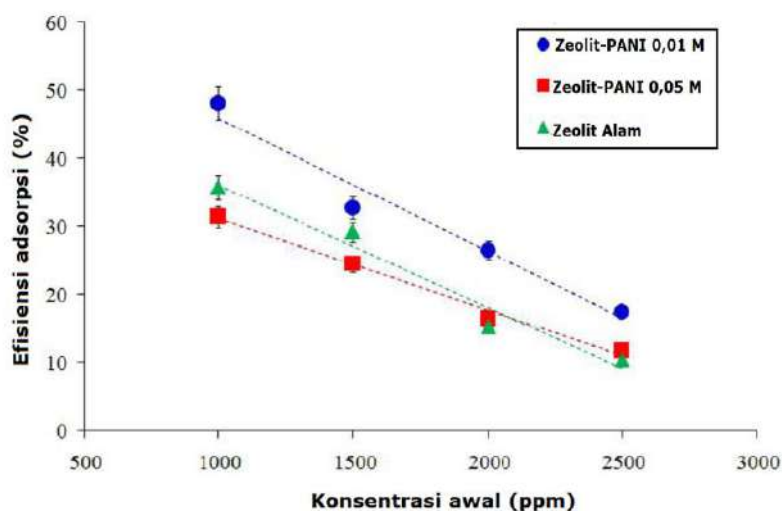
Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi fityk menunjukan bahwa rasio gugus penyusun zeolit-polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa

semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin [20].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium(III)

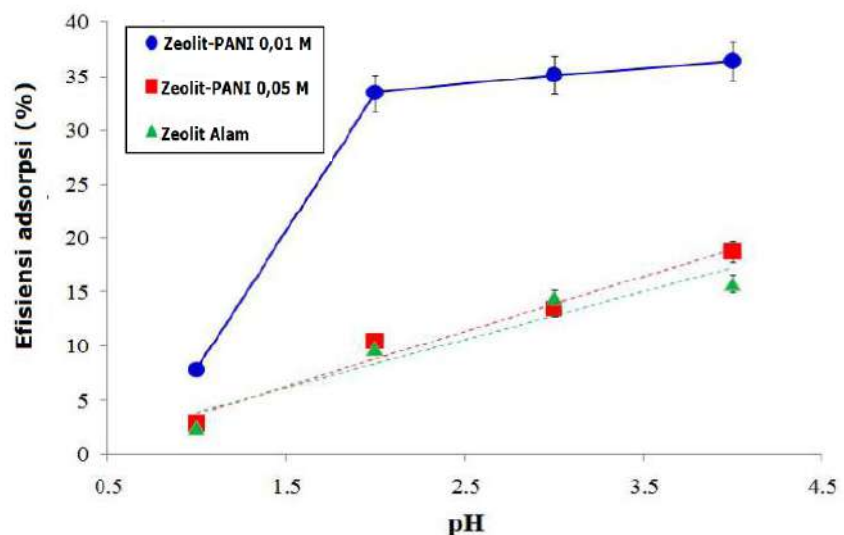
Untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) diaplikasikan untuk mengadsorpsi ion logam Cr(III). Proses aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Cr(III) yaitu 1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm serta variasi pH sistem 1, 2, 3 dan 4, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan efisiensi teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH sistem dengan efisiensi adsorpsi ion logam yang teradsorpsi terdapat pada Gambar 5.

Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut, sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi elektrostatis antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang terdeprotonasi menjadi ($-NH_2^+$), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang berada di atas permukaan [21].



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr(III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, efisiensi teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.



Gambar 5. Grafik hubungan pH dengan efisiensi teradsorpsi (%) Cr(III) oleh zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Pengkondisian pH dilakukan terhadap larutan Cr(III) sebelum diinteraksikan dengan zeolit. Pemilihan pH 1-4 pada proses adsorpsi dikarenakan kromium berada dalam bentuk Cr(III) bebas atau Cr^{3+} pada pH 1-2, pada pH di atasnya konsentrasi Cr^{3+} mulai berkurang dan mulai muncul $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, sehingga jika pada pH lebih tinggi dimungkinkan adsorpsi dapat terinterferensi oleh terbentuk endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Penelitian Sulastri dkk. [22], juga menunjukkan bahwa pada larutan dengan pH yang rendah, ion Cr(III) dalam keadaan terlarut, dan akan mengalami kekeruhan pada larutan dengan pH 5.

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr(III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI. Berdasarkan Gambar 5, efisiensi adsorpsi ion logam Cr(III) tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan efisiensi adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif ($:\text{NH}_2$)

dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatik. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah $-NH_2$ dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan efisiensi teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework [23], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun [24]. Selain itu terdapat kemungkinan terjadi kompetisi antara H^+ dan ion logam Cr(III) untuk teradsorpsi oleh zeolit.

Pada pH basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai K_{sp} yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi $pH > 5,29$ [25]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan $>5,29$ dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium(III) hidroksida [26].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa zeolit alam telah berhasil dimodifikasi oleh PANI yang ditandai terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303 - 1319 \text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Kemampuan adsorpsi adsorben berupa efisiensi adsorpsi terbaik terhadap ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M pada pH 4 serta konsentrasi awal 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Referensi

- [1] Kaur, B. dan Srivastava, R., 2015, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic–Inorganic Hybrid Materials. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 211: 476-488.
- [2] Komariah, A., Sariatun, S., Pardoyo, P., 2017, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 20 (1): 13-18.
- [3] Jain, P., Varshney, S. dan Srivastava, S., 2015, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling. *Applied Water Science*. 7. 10.1007/s13201-015-0356-1.
- [4] Shyaa, A. A., Hasan, O. A. dan Abbas, A. M., 2015, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zeolite Nanocomposite for the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society*. 19(1): 101-107.
- [5] Mir, M.A, Bhat, M.A, Majid, S.A., Lone, S.H., Malla, M.A., Tiwari, K.R., Pandit, A.H.,

- Tomar, R., Bhat, R.A. 2018. Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 6 (1):1137-1146.
- [6] Abukhadra, M.R., Rabia, M., Shaban, M., Verpoort, F. 2018. Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization. *Advanced Powder Technology*. 29 (10): 2501-2511.
- [7] Jevremović, A., Bober, P., Mičušík, M., Kuliček, J., Acharya, U., Pfleger, J., Milojević-Rakić, M., Krajišnik, D., Trchová, M., Stejskal, J., Ćirić-Marjanović, G. 2019. Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*. 287: 234-245.
- [8] Sayed, M.A., Abukhadra, M.R., Salam, M.A., Yakout, S.M., Abdeltawab, A.A., Aziz, I.M. 2019. Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode. *Energy*. 187. 115943.
- [9] Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M. dan Joo, S. W., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- [10] Morsi, R. E., Khamis, E. dan Al-Sabagh, A., 2016, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 60: 573-581.
- [11] Mthombeni, N. H., Onyango, M. S. dan Aoyi, O., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
- [12] Wu, D., Sui, Y., He, S., Wng, X., Li, C., dan Kong, H., 2008, Removal of Trivalent Chromium from Aqueous Solution by Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash, *J. Hazardous Materials*., 155, 415-423.
- [13] Lestari, D. Y., 2010, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- [14] Ansori, S., Sriatun Sriatun, Pardoyo, 2016, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2) (2016): 68 – 71
- [15] Rahayu, I., Wijayati, A., Hidayat, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(1): 74-79.
- [16] Taylor.2009.Conductive Electroactive Polymers.Francis Group,LLC.Francis.
- [17] Yuningsih, L.M., Mulyadi, D., Fauziyah, Y.M. 2018. Sintesis Komposit Polianilin-karbon aktif dari Tongkol jagung sebagai elektrolit padat pada baterai. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 4(2): 119-123.
- [18] Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia.
- [19] Olad, A., Khatamian, M. dan Naseri, B., 2011, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles. *Journal of the Iranian Chemical Society* 8(1): S141-S151.
- [20] Wibowo, A., 2007, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell.
- [21] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn²⁺ from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. *Minerals Engineering* 23: 1131-1138.
- [22] Sulastri, S., Nuryono, Kartini, I., Kunarti, E.S. 2014. Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium(III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(2): 33-44.

- [23] Sriatun, Buntarto, D., Darmawan, A., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* , 11 (1) (2008) : 11–14.
- [24] Wang, T. C.-H., 2002, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, Massachusetts Institute of Tecnology.
- [25] Tan, C. Z., Zhou. Sai, Xu. Hongtao, Wang. Wenjing, Lu, 2015, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge. *Bioresource Technology* **190**: 388-394.
- [26] Basset, J., 1994, *Buku Aja Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. P. B. K. EGC. Jakarta.

**LAMPIRAN 4**

Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

2nd Round Revision_[JKSA] Editor Decision - your submission needs to be revised

Dr. Yayuk Astuti <yayuk.astuti@live.undip.ac.id>

Mon, Nov 4, 2019 at 11:44 AM

To: Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

Dear Sriatun Sriatun

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, "Zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam kromium (III)".

Our decision is that you need to revise this manuscript according to the feedback from the review.

When submitting back to us, please include:

- (i) the answers to the reviewer questions (in docx format) (an example of the answers to the reviewer questions is attached) and
 - (ii) the revised manuscript (in docx format) (Make sure that the revised manuscripts are cleared from the reviewer comments)
- Compress both files into one zip file and then upload.

Please submit this paper no more than 3 weeks from now. If within a month you do not revise this manuscript, then your manuscript is considered as a new submission

Regards

Dr. Yayuk Astuti
Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang
yayuk.astuti@live.undip.ac.id

Editor comment:

If possible, please cite articles published by JKSA

Reviewer B:

Sejauh ini, beberapa komen yang diberikan telah dijawab dengan baik. Namun, masih ada beberapa yang perlu dilengkapi sebelum artikel ini dipublikasikan di JKSA, yaitu:

1. Abstrak kurang dari 250 kata, ditambah saja (JKSA syarat 250-300 kata) dan abstrak bahasa Inggris juga dicantumkan
2. Referensi sesuaikan dengan panduan JKSA, doi setiap referensi harus dicantumkan jika ada

Reviewer A:

Please see the attached file for reviewer's comments

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi
<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>

Attachment comment reviewer A

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) Sebagai adsorben ion logam kromium(III)

Abstract.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina ($:NH_2$). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr(III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam Cr(III) dan pH sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Keywords: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr(III)

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[SiO_4]^{4-}$ dan $[AlO_4]^{5-}$ terhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas [1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk modifikasi permukaan, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben. Salah satu modifikasi zeolit yang dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi [2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina ($:NH_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks protonasi-deprotonasi [3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan Cr(VI) dalam larutan [4]. Dari penelitian tersebut diperoleh

Commented [p1]: Use effective sentences. For example the repeated use of the "dengan" word in one sentence. Variations in Cr (III) ion concentration and system pH should not be shown in the abstract.

Commented [p2]: This sentence is very long. sebaiknya made into 2 sentences so as not to confuse. Many types of natural zeolite. Which natural zeolites were studied? What about Ca^{2+} , Na^+ and other ions in natural zeolites? Why is it not seen in the definition of natural zeolite?

Commented [p3]: Why does natural zeolite need to increase its adsorption capacity? What are the weaknesses of natural zeolites that need to be modified for the purpose of adsorbents?

Commented [p4]: What is the effect of the amine and imine groups on the selection of PANI as a natural zeolite modifier? Please give enough explanation.

bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Pada modifikasi komposit nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI), diperoleh hasil PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik Cr(VI) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12% [3]. Telah dilaporkan oleh Mir dkk. [5] bahwa modifikasi zeolit nanostruktur oleh PANI juga telah dimanfaatkan dalam penginderaan karbon monoksida, heulandit/PANI digunakan untuk menghilangkan zat warna yang berkarakter asam secara efisien [6]. Baru-baru ini Jevremovic dkk. [7] melaporkan bahwa zeolit BEA/polianilin mempunyai kemampuan lebih tinggi untuk mengadsorpsi nicosulfuron. Selain itu zeolit termodifikasi PANI@Ni₂O₃ digunakan sebagai elektroda dalam pembuatan hidrogen dengan bahan baku air secara fotokatalitik [8].

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius [9,10]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam Kromium. Kromium(III) merupakan logam yang cukup berlimpah yang menjadi kontaminan dari proses industri [11]. Cr(III) merupakan keadaan oksidasi yang paling stabil dibandingkan lainnya, namun jika terdapat oksidator maka Cr(III) dapat teroksidasi menjadi Cr(VI). Oleh karena itu dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium(III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam Cr(III) yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina (:NH₂) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) terhadap ion Cr(III) berdasarkan variasi konsentrasi dan pH. Kajian mengenai pengaruh pH larutan Cr(III) diperlukan karena derajat keasaman menentukan spesies yang ada dalam larutan tersebut. Menurut Wu dkk. [12] dalam larutan berair pada pH 2 terdapat 98% spesies kromium sebagai Cr(III) bebas (Cr³⁺) dan 2% sebagai Cr(OH)²⁺, kenaikan pH menurunkan spesies Cr³⁺ dan meningkatkan pembentukan hidroksidanya. Variasi konsentrasi diperlukan karena

Commented [p 5]: Use lowercase letters in the name chromium.

Commented [p 6]: Do all industries produce chromium (III) ion waste?

Commented [p 7]: Please check more carefully because there are still many inappropriate combinations of words.

Commented [p 8]: The big P in the word polyaniline is replaced by the small one. Please check the following sentences.

Commented [p 9]: P7 comment

kemampuan/kapasitas suatu adsorben (zeolit termodifikasi PANI) dalam mengadsorpsi mempunyai terbatasan.

2. Metode Penelitian

2.1. *Bahan dan alat*

Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF (E. Merck), Anilin (E. Merck), HCl (E. Merck), Ammonium peroksodisulfat (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), Akuades, akuabides.

Alat: peralatan gelas, *magnetic stirrer* dan *stirrer bar*, *shaker* (MAXQ 2000), cawan petri, kertas saring, indikator pH (MERCK), oven (BINDER), timbangan analitik OHAUS, Furnace (VULCAN 3-130), spektrometer FT-IR (Shimadzu), XRF (EQUA), spektrometer UV-Vis (Perkin Elmer).

2.2. *Prosedur penelitian*

2.2.1. *Preparasi dan aktivasi zeolit*

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian zeolit dicuci dengan aquades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven dengan suhu 110°C selama 4 jam. Sebanyak 30 gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam.

2.2.2. *Modifikasi zeolit alam*

2.2.2.1. *Pembuatan garam Anilin-HCl*

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. *Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI)*

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram Ammonium Peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan dengan 50 mL larutan APS (ammonium peroksodisulfat) ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan

Commented [p 10]: The use of italics is usually used for English or foreign terms. Please correct for other writings.

Commented [p 11]: Use of uppercase letters in sentences, please follow the instructions in Indonesian. Please checked the following sentences.

Commented [p 12]: Please correct for other writings.

perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 5 jam. Variasi Konsentrasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi Polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR, selanjutnya data FTIR diolah menggunakan aplikasi Fityx.

Commented [p 13]: polianilin

2.2.3. Adsorpsi Ion Logam Kromium

2.2.3.1. Variasi konsentrasi

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500ppm, campuran diaduk menggunakan shaker selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Commented [p 14]: polianilin

Commented [p 15]: mL

2.2.3.2. Variasi pH

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 mL $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan shaker selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Commented [p 16]: polianilin

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Aktivasi zeolit alam

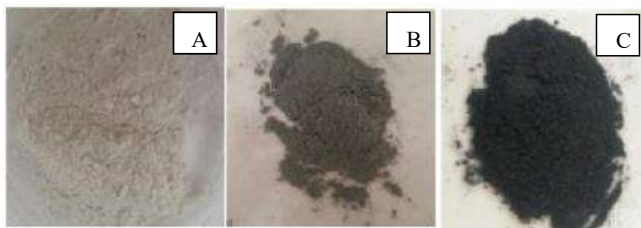
Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia [13]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110°C selama 4jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang dapat mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO , Fe_2O_3 , K_2O , dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin dapat merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri. Pengurangan atau bahkan penghilangan logam atau oksida logam tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III) . Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat

melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan. Keberadaan unsur-unsur tersebut dapat diketahui dari hasil pengukuran XRF, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit semakin aktif untuk berinteraksi dengan $(-NH_2^+)$ yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain [14].

3.2. Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

Modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI. Atom N dari gugus imin yang terdapat pada polianilin dapat membentuk $-NH_2^+$ sehingga berpotensi untuk berinteraksi dengan permukaan zeolit yang mempunyai muatan negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1. Perubahan warna tersebut menunjukkan telah terbentuk polimer polianilin.

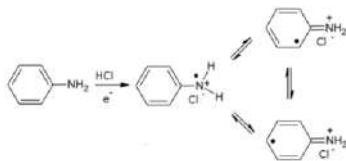


Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit alam (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

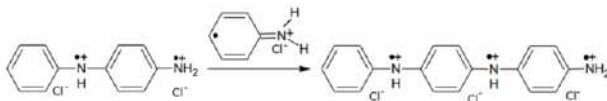
Zeolit-polianilin (zeolit-PANI) diperoleh dengan cara menambahkan monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) dan HCl ke dalam struktur zeolit, kemudian ditambahkan ammonium peroksodisulfat (APS) $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$. Polianilin merupakan hasil polimerisasi anilin dengan oksidator HCl. Polimerisasi tersebut diawali dengan tahap inisiasi dalam suasana asam, tahap ini membutuhkan energi yang tinggi. APS digunakan sebagai agen inisiator mempunyai potensial

oksidasi lebih tinggi dibanding anilin [15] sehingga proton pada asam dapat berikatan dengan gugus amin membentuk Ani-HCl. Menurut Taylor [16] dalam Yuningsih dkk. [17] pembentukan polimer polianilin dari anilin adalah sebagai berikut:

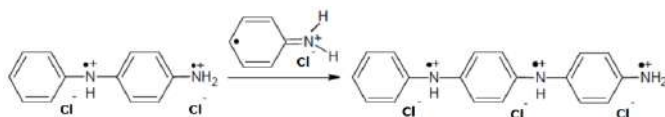
a. Tahap inisiasi



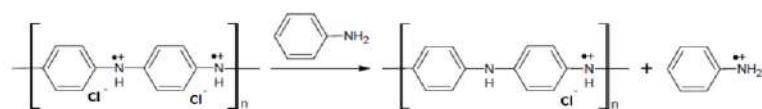
b. Tahap kopling



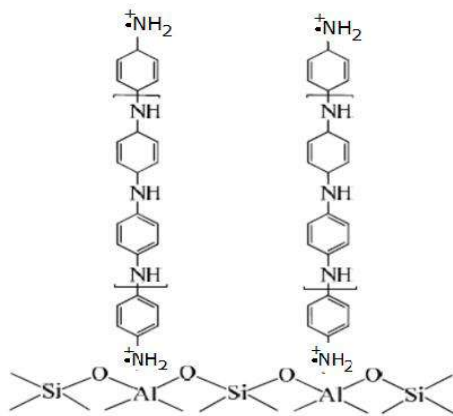
c. Tahap propagasi



d. Tahap terminasi



Pada Gambar 2, menunjukkan ilustrasi pembentukan Zeolit-PANI dimana atom N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk $-NH_2^+$, diprediksikan dapat terjadi interaksi dengan muatan negatif yang terdapat pada permukaan zeolit.



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Pada proses aktivasi ditambahkan HF 1%, agar unsur maupun logam-logam lain yang terdapat pada zeolit di luar kerangka/framework dapat larut. Keberadaan logam atau unsur tersebut dapat diketahui melalui analisis unsur menggunakan X-ray Fluorescence (XRF). Data hasil pengukuran XRF terdapat pada Tabel 1. Namun dalam penelitian ini zeolit alam setelah aktivasi masih mengandung logam Ca dan Fe. Pengurangan atau bahkan penghilangan unsur tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan.

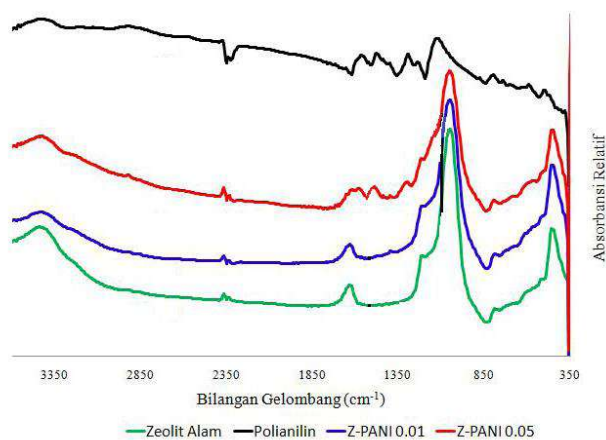
Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI

Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79
Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45
SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Berdasarkan Tabel 1 juga diperoleh informasi tentang komposisi SiO_2 dan Al_2O_3 . Hasil perhitungan menunjukkan zeolit yang telah dimodifikasi dengan PANI mengalami kenaikan rasio Si/Al nya, yaitu dari 10,94 pada zeolit alam menjadi 13,546 untuk Zeolit-PANI 0,01M dan 12,77 pada zeolit-PANI 0,05 M. Hal ini menjelaskan semakin tinggi rasio Si/Al nya maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut.

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada Gambar 3, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} ikatan tetrahedral, yaitu $[\text{SiO}_4]^{-4}$, {bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan} $[\text{AlO}_4]^{-5}$. Bilangan gelombang 420-500 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm^{-1} , sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm^{-1} [18].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI, bahwa pada panjang gelombang sekitar 1335-1250 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya

Commented [p 17]: Unclear sentence

protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI karena dalam strukturnya mempunyai ikatan π terkonjugasi yang menyebabkan elektron dapat berpindah di sepanjang strukturnya. Pembentukan polimer PANI terjadi melalui interaksi gugus $-NH_2$ dan ion karbonium pada fenil sehingga terbentuk ikatan C-N. Intensitas serapan pada C-N ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI dalam zeolit [3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar $116-1176,28\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar $1400-1500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan $1500-1600\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C quinoid [19].

Spektra FTIR pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi Polianilin yang ditambahkan pada zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai Polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

Jenis sampel	Intensitas absorpsi Gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O ($1050,00\text{ cm}^{-1}$)	C-H ($1162,23\text{ cm}^{-1}$)	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

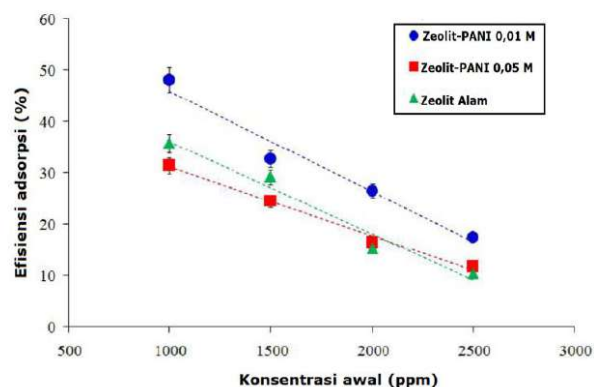
Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi fityk menunjukan bahwa rasio gugus penyusun zeolit-polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa

semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin [20].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium(III)

Untuk mengetahui kemampuan adsorpsinya zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) diaplikasikan untuk **mengadsorp** ion logam Cr(III). Proses aplikasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ion logam Cr(III) yaitu 1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm serta variasi pH sistem 1,2,3 dan 4, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan efisiensi teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH sistem dengan efisiensi adsorpsi ion logam yang teradsorpsi terdapat pada Gambar 5.

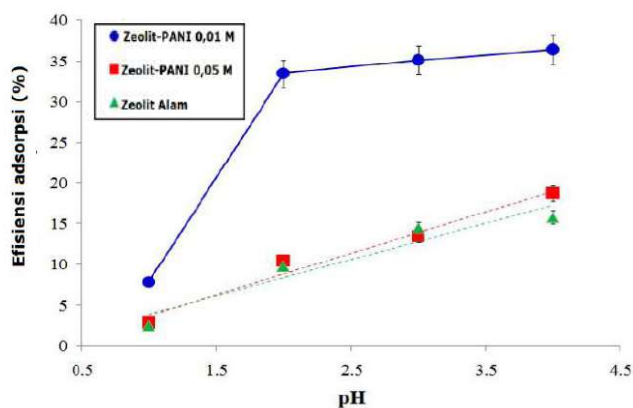
Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut, sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi elektrostatik antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang terdeprotonasi menjadi ($-\text{NH}_2^+$), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang berada di atas permukaan [21].



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Commented [p 18]: mengadsorpsi. Please check in another sentence

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr(III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, efisiensi teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.



Gambar 5. Grafik hubungan pH dengan efisiensi teradsorpsi (%) Cr(III) oleh zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Pengkondisian pH dilakukan terhadap larutan Cr(III) sebelum diinteraksikan dengan zeolit. Pemilihan pH 1-4 pada proses adsorpsi dikarenakan kromium berada dalam bentuk Cr(III) bebas atau Cr^{3+} pada pH 1-2, pada pH di atasnya konsentrasi Cr^{3+} mulai berkurang dan mulai muncul $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, sehingga jika pada pH lebih tinggi dimungkinkan adsorpsi dapat terinterferensi oleh terbentuk endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Penelitian Sulastris dkk. [22], juga menunjukkan bahwa pada larutan dengan pH yang rendah, ion Cr(III) dalam keadaan terlarut, dan akan mengalami kekeruhan pada larutan dengan pH 5.

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr(III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI. Berdasarkan Gambar 5, efisiensi adsorpsi ion logam Cr(III) tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan efisiensi adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif ($:\text{NH}_2^-$)

Commented [p 19]: Is it Chromium (III) or Cr^{3+} ions? Please be consistent.

dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatik. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah -NH_2 dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan efisiensi teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework [23], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun [24]. Selain itu terdapat kemungkinan terjadi kompetisi antara H^+ dan ion logam Cr(III) untuk teradsorpsi oleh zeolit.

Pada pH basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai K_{sp} yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi $\text{pH} > 5,29$ [25]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan $>5,29$ dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium(III) hidroksida [26].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa zeolit alam telah berhasil dimodifikasi oleh PANI yang ditandai terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Kemampuan adsorpsi adsorben berupa efisiensi adsorpsi terbaik terhadap ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M pada pH 4 serta konsentrasi awal 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Referensi

- [1] Kaur, B. dan Srivastava, R., 2015, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic–Inorganic Hybrid Materials. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 211: 476-488.
- [2] Komariah, A., Sriatun, S., Pardoyo, P., 2017, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 20 (1): 13-18.
- [3] Jain, P., Varshney, S. dan Srivastava, S., 2015, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling. *Applied Water Science*. 7. 10.1007/s13201-015-0356-1.
- [4] Shyaa, A. A., Hasan, O. A. dan Abbas, A. M., 2015, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zeolite Nanocomposite for the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society*. 19(1): 101-107.
- [5] Mir, M.A, Bhat, M.A, Majid, S.A., Lone, S.H., Malla, M.A., Tiwari, K.R., Pandit, A.H.,

- Tomar, R., Bhat, R.A. 2018. Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 6 (1):1137-1146.
- [6] Abukhadra, M.R., Rabia, M., Shaban, M., Verpoort, F. 2018. Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization. *Advanced Powder Technology*. 29 (10): 2501-2511.
- [7] Jevremović, A., Bober, P., Mičušík, M., Kuliček, J., Acharya, U., Pflieger, J., Milojević-Rakić, M., Krajišnik, D., Trchová, M., Stejskal, J., Ćirić-Marjanović, G. 2019. Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*. 287: 234-245.
- [8] Sayed, M.A., Abukhadra, M.R., Salam, M.A., Yakout, S.M., Abdeltawab, A.A., Aziz, I.M. 2019. Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode. *Energy*. 187.115943.
- [9] Maleki, A., Hayati, B., Naghizadeh, M. dan Joo, S. W., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- [10] Morsi, R. E., Khamis, E. dan Al-Sabagh, A., 2016, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 60: 573-581.
- [11] Mthombeni, N. H., Onyango, M. S. dan Aoyi, O., 2015, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*.
- [12] Wu, D., Sui, Y., He, S., Wng, X., Li, C., dan Kong, H., 2008, Removal of Trivalent Chromium from Aqueous Solution by Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash, *J. Hazardous Materials.*, 155, 415-423.
- [13] Lestari, D. Y., 2010, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- [14] Ansori, S., Sriatun Sriatun, Pardoyo, 2016, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2) (2016): 68 – 71
- Rahayu, I., Wijayati, A., Hidayat, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(1): 74-79.
- [15] Taylor. 2009. *Conductive Electroactive Polymers*. Francis Group, LLC. Francis.
- [16] Yuningsih, L.M., Mulyadi, D., Fauziyah, Y.M. 2018. Sintesis Komposit Polianilin-karbon aktif dari Tongkol jagung sebagai elektrolit padat pada baterai. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 4(2): 119-123.
- [17] Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia.
- [18] Olad, A., Khatamian, M. dan Naseri, B., 2011, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles. *Journal of the Iranian Chemical Society* 8(1): S141-S151.
- [19] Wibowo, A., 2007, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell.
- [20] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn^{2+} from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. *Minerals Engineering* 23: 1131-1138.
- [21] Sulastri, S., Nuryono, Kartini, I., Kunarti, E.S. 2014. Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium(III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(2): 33-44.
- [22] Sriatun, Buntarto, D., Darmawan, A., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan

Commented [p20]: How come there is no number?

Commented [p21]: upperscript

HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11 (1) (2008) : 11–14.

- [23] Wang, T. C.-H., 2002, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, Massachusetts Institute of Technology.
- [24] Tan, C. Z., Zhou. Sai, Xu. Hongtao, Wang. Wenjing, Lu, 2015, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge. *Bioresource Technology* **190**: 388-394.
- [25] Basset, J., 1994, *Buku Aja Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. P. B. K. EGC. Jakarta.

LAMPIRAN 5

PENGIRIMAN ARTIKEL REVISI ROUND 2

DAFTAR PERBAIKAN DAN ARTIKEL DALAM BAHASA INGGRIS

Editor Decision

Decision	Accept Submission 13-11-2019	
Notify Editor	 Editor/Author Email Record  13-11-2019	
Editor Version	25002-72155-2-ED.rar	21-10-2019
Author Version	25002-73818-2-ED.rar	07-11-2019
Upload Author Version	Pilih File Tidak ada file yang dipilih	Upload

Pengiriman perbaikan round 2, terdiri dari:

1. Daftar perbaikan
2. Artikel yang sudah direvisi
3. Artikel dalam Bahasa Inggris



ICICS 2020 - Mataram, 11-13 August 2020



Daftar perbaikan

RISALAH PERBAIKAN KE-2 ARTIKEL JKSA

Judul : Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) Sebagai adsorben ion logam kromium(III)

Author: Rina Nurianingsih, Sriatun Sriatun, Adi Darmawan

Corresponding author: sriatun@live.undip.ac.id

REVIEWER	KOMENTAR UMUM	URAIAN PERBAIKAN
REVIEWER A	Abstract Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen. Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi dengan senyawa kationik yaitu polianilin (PANI). Senyawa PANI merupakan senyawa polikationik yang memiliki gugus amina (:NH₂). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satu ion logam Cr(III) sebagai limbah dari proses industri. Kajian kemampuan mengadsorp ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam Cr(III) dan pH sistim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam dapat dimodifikasi dengan PANI yang ditandai dengan terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang 1303 -1319 cm⁻¹ dan 1597 cm⁻¹ pada spektra FTIR. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4	Abstract Telah diperbaiki Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya. Bahan ini terdiri dari tetrahedral [SiO₄]⁴⁻ dan [AlO₄]⁵⁻ yang berhubungan oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, serta logam-logam alkali atau alkali tanah sebagai penyeimbang muatan negatifnya. Struktur ini menjadikan zeolit mempunyai kemampuan mengadsorpsi. Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan melalui modifikasi pada bagian permukaannya, antara lain dengan menambahkan senyawa kationik polianilin (PANI), dimana senyawa ini memiliki gugus amina (:NH₂). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah ion logam Cr(III) yang merupakan limbah dari

	serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.	proses industri, oleh karena itu perlu adanya upaya untuk mengurangi limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan polianilin pada kemampuan adsorpsi zeolit alam terhadap ion logam Cr(III). Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu aktivasi zeolit alam menggunakan HF1%, modifikasi dengan polianilin melalui monomer anilin dan ammonium peroksodisulfat (APS), dan uji kemampuan adsorpsi pada ion logam Cr(III). Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam Cr(III) dan pH sistim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam berhasil dimodifikasi dengan PANI yang ditandai terdapatnya gugus polianilin pada daerah bilangan gelombang 1303 -1319 cm^{-1} dan 1597 cm^{-1} dalam spektra FTIR, dimana intensitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi PANI yang ditambahkan. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorben terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.
	PENDAHULUAN	PENDAHULUAN
	Zeolit alam adalah mineral mikro yang terbentuk dari aluminosilikat kristal terhidrasi, dengan struktur tiga	Telah diperbaiki

Commented [p 1]: Use effective sentences. For example the repeated use of the "dengan" word in one sentence. Variations in Cr (III) ion concentration and system pH should not be shown in the abstract.

	dimensi, terdiri dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$ terhubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam.] [Kemampuan adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi dan modifikasi sebelum zeolit alam digunakan sebagai adsorben.] [Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina ($:\text{NH}_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya melalui reaksi redoks protonasi-deprotonasi [3].]	Zeolit alam adalah mineral aluminosilikat dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$ terhubungkan oleh atom oksigen. Pada umumnya permukaan yang bermuatan negatif zeolit alam diseimbangkan oleh kation-kation dari ion logam alkali atau alkali tanah. Zeolit mempunyai struktur kerangka tiga dimensi yang terbuka, terdiri dari kanal-kanal dan rongga-rongga. Telah diperbaiki Kemampuan adsorpsi zeolit alam perlu ditingkatkan karena terdapat kelemahan-kelemahan seperti dalam strukturnya terdapat berbagai macam kation-kation penyeimbang seperti Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, serta ion-ion logam lain. Selain itu masih terdapat oksida-oksida logam yang memungkinkan menutupi pori dan rongga zeolit alam. Aktivasi dengan penambahan asam dapat melarutkan oksida-oksida logam tersebut serta menukar kation penyeimbangnya menjadi H^+. Telah diperbaiki Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil dan memiliki gugus amina ($:\text{NH}_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya. Gugus amina $:\text{NH}_2$ merupakan aktivator yang kuat pada senyawa tersebut karena adanya efek resonansi dan induksi dari cincin benzen. Lepasnya elektron menyebabkan N pada gugus tersebut bermuatan positif, bagian inilah yang berpotensi untuk berinteraksi pada permukaan yang bermuatan negatif pada zeolit.
--	---	--

Commented [p2]: This sentence is very long. sebaiknya made into 2 sentences so as not to confuse. Many types of natural zeolite. Which natural zeolites were studied? What about Ca^{2+} , Na^+ and other ions in natural zeolites? Why is it not seen in the definition of natural zeolite?

Commented [p3]: Why does natural zeolite need to increase its adsorption capacity? What are the weaknesses of natural zeolites that need to be modified for the purpose of adsorbents?

Commented [p4]: What is the effect of the amine and imine groups on the selection of PANI as a natural zeolite modifier? Please give enough explanation.

	Kromium, Kromium(III) merupakan logam yang cukup berlimpah yang menjadi kontaminan dari proses industri [11], Cr(III) merupakan keadaan oksidasi yang paling stabil dibandingkan lainnya, namun jika terdapat oksidator maka Cr(III) dapat teroksidasi menjadi Cr(VI). adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi Polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) terhadap ion Cr(III) berdasarkan variasi konsentrasi dan pH. Kajian mengenai pengaruh pH larutan Cr(III) diperlukan karena derajat keasaman menentukan spesies yang ada dalam larutan	Telah diperbaiki kromium. Kromium(III) merupakan logam yang cukup berlimpah yang menjadi kontaminan dari berbagai proses industri [11], seperti penyamakan kulit, cat, metalurgi, dan pengolahan hidrokarbon. Ion Cr(III) merupakan keadaan oksidasi yang paling stabil dibandingkan lainnya, namun jika terdapat oksidator maka Cr(III) dapat teroksidasi menjadi Cr(VI). Telah diperbaiki adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi Polianilin (PANI) terhadap ion Cr(III) berdasarkan variasi konsentrasi dan pH. Kajian mengenai pengaruh pH larutan Cr(III) diperlukan karena derajat keasaman menentukan spesies yang ada dalam larutan
	METODE PENELITIAN 2.1. <i>Bahan dan alat</i> Bahan: Zeolit Alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF (E. Merck), Anilin (E. Merck), HCl (E. Merck), Ammonium peroksodisulfat (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), Akuades, akuabides.	Telah diperbaiki 2.1. Bahan dan alat Bahan: zeolit alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF (E. Merck), anilin (E. Merck), HCl (E. Merck), amonium peroksodisulfat (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), akuades, akuabides

Commented [p 5]: Use lowercase letters in the name chromium.

Commented [p 6]: Do all industries produce chromium (III) ion waste?

Commented [p 7]: Please check more carefully because there are still many inappropriate combinations of words.

Commented [p 8]: The big P in the word polyaniline is replaced by the small one. Please checked the following sentences.

Commented [p 9]: P7 comment

Commented [p 10]: The use of italics is usually used for English or foreign terms. Please correct for other writings.

Commented [p 11]: Use of uppercase letters in sentences, please follow the instructions in Indonesian. Please checked the following sentences.

	Ammonium Peroksodisulfat	Telah diperbaiki Ammonium peroksodisulfat
	Polianilin	Telah diperbaiki polianilin
	Polianilin dicampurkan dengan 10 ml	Telah diperbaiki Polianilin dicampurkan dengan 10 mL
HASIL DAN PEMBAHASAN		
	bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya dan	Telah diperbaiki Pada Gambar 3, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} . Bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya ikatan tetrahedral, yaitu $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$.
	mengadsorp	Telah diperbaiki Uji kemampuan adsorpsi zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) terhadap ion logam Cr(III), dilakukan pada variasi konsentrasi awal yaitu 1000, 1500, 2000, dan 2500 ppm serta variasi pH sistem 1,2,3, dan 4. Konsentrasi ion logam Cr(III) setelah adsorpsi dianalisis

Commented [p 12]: Please correct for other writings.

Commented [p 13]: polianilin

Commented [p 14]: polianilin

Commented [p 15]: mL

Commented [p 16]: Unclear sentence

Commented [p 17]: mengadsorpsi. Please check in another sentence

	Pemilihan pH 1-4 pada proses adsorpsi dikarenakan kromium berada dalam bentuk Cr(III) bebas atau Cr³⁺ pada pH 1-2, pada pH di atasnya konsentrasi Cr³⁺ mulai berkurang dan mulai muncul Cr(OH)²⁺, sehingga jika pada pH lebih tinggi dimungkinkan adsorpsi dapat terinterferensi oleh terbentuk endapan Cr(OH)₃.	menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm Penjelasan Penulisan Cr³⁺ dimaksudkan untuk menunjukkan perubahan muatan pada spesies Cr³⁺, Cr(OH)²⁺, dan Cr(OH)₃.
	DAFTAR PUSTAKA Rahayu, I., Wijayati, A., Hidayat, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial. Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 2(1): 74-79. [20] Taffarel, S. R. dan Rubio, J., 2010, Removal of Mn²⁺ from Aquoes Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite. <i>Minerals Engineering</i> 23: 1131-1138.	Telah diperbaiki [15] I. Rahayu, A. Wijayati, S. Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 2, 1, (2015) 74-79. http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3143. [21] S.R. Taffarel, J. Rubio, Removal of Mn²⁺ from Aquoes Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite, Minerals Engineering, 23, (2010) 1131-1138. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.07.007

Commented [p 18]: Is it Chromium (III) or Cr³⁺ + ions? Please be consistent.

Commented [p 19]: How come there is no number?

Commented [p 20]: upperscript

REVIEWER B	Abstrak Abstrak kurang dari 250 kata, ditambah saja (JKSA syarat 250-300 kata) dan abstrak bahasa Inggris juga dicantumkan	Telah diperbaiki Abstrak (Bahasa Indonesia) terdiri dari 250-300 kata. Abstrak dalam Bahasa Inggris telah ditambahkan, terdiri dari 250-300 kata.
	DAFTAR PUSTAKA Referensi sesuaikan dengan panduan JKSA, doi setiap referensi harus dicantumkan jika ada	Telah diperbaiki DOI telah dicantumkan.

Zeolit Alam Termodifikasi Polianilin (PANI) sebagai Adsorben Ion Logam Kromium(III)

Rina Nurianingsih¹, Sriatun^{1*}, Adi Darmawan¹

Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika
Universitas Diponegoro

* corresponding author: sriatun@live.undip.ac.id

Abstrak.

Zeolit alam adalah bahan anorganik yang permukaannya memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya. Bahan ini terdiri dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$ yang terhubung oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, serta logam-logam alkali atau alkali tanah sebagai penyeimbang muatan negatifnya. Struktur ini menjadikan zeolit mempunyai kemampuan mengadsorpsi. Kemampuan adsorpsi zeolit alam dapat ditingkatkan melalui modifikasi pada bagian permukaannya, antara lain dengan menambahkan senyawa kationik polianilin (PANI), dimana senyawa ini memiliki gugus amina ($:\text{NH}_2$). Di sisi lain, pencemaran lingkungan oleh logam merupakan masalah terbesar di dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah ion logam Cr(III) yang merupakan limbah dari proses industri, oleh karena itu perlu adanya upaya untuk mengurangi limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan polianilin pada kemampuan adsorpsi zeolit alam terhadap ion logam Cr(III). Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu aktivasi zeolit alam menggunakan HF1%, modifikasi dengan polianilin melalui monomer anilin dan ammonium peroksodisulfat (APS), dan uji kemampuan adsorpsi pada ion logam Cr(III). Kajian kemampuan mengadsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit termodifikasi PANI dilakukan pada variasi konsentrasi ion logam Cr(III) dan pH sistim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit alam berhasil dimodifikasi dengan PANI yang ditandai terdapatnya gugus polianilin pada daerah bilangan gelombang 1303 -1319 cm^{-1} dan 1597 cm^{-1} dalam spektra FTIR, dimana intensitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi PANI yang ditambahkan. Dari hasil uji kemampuan adsorpsi diketahui bahwa adsorbent terbaik untuk adsorpsi ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M, sedangkan kondisi pH terbaik adalah 4 serta konsentrasi awal ion logam Cr(III) yang terserap paling banyak adalah 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Kata Kunci: zeolit alam, polianilin, adsorben, Cr(III)

Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Cromium(III) metal ion

Abstract.

Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve

by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:NH_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that the natural zeolite was successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicates the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data shows that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions is zeolite-PANI 0.01M. The best pH condition is four, the initial concentration of Cr(III) metal ions is 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48,13%.

Keywords: *natural zeolite, polyaniline, adsorbent, Cr(III)*

1. Pendahuluan

Zeolit alam adalah mineral aluminosilikat dengan struktur tiga dimensi, terdiri dari tetrahedral $[SiO_4]^{-4}$ dan $[AlO_4]^{-5}$ terhubung oleh atom oksigen. Pada umumnya permukaan yang bermuatan negatif pada zeolit alam diseimbangkan oleh kation-kation dari ion logam alkali atau alkali tanah. Zeolit mempunyai struktur kerangka tiga dimensi yang terbuka, terdiri dari kanal-kanal dan rongga-rongga. Biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas [1]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan anorganik yang paling umum digunakan untuk dimodifikasi permukaannya, karena memiliki muatan negatif permanen dalam struktur kristalnya sehingga cocok untuk berbagai jenis modifikasi. Kemampuan adsorpsi zeolit alam perlu ditingkatkan, karena terdapat kelemahan-kelemahan seperti, dalam strukturnya terdapat berbagai macam kation-kation penyeimbang seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , serta ion-ion logam lain. Selain itu masih terdapat oksida-oksida logam yang memungkinkan menutupi pori dan rongga zeolit alam. Aktivasi dengan penambahan asam dapat melarutkan oksida-oksida logam tersebut serta menukar kation penyeimbangnya menjadi H^+ .

Salah satu modifikasi zeolit dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa kationik ke dalam zeolit yang telah diaktivasi [2]. Polianilin merupakan salah satu polimer kationik yang banyak digunakan untuk memodifikasi zeolit alam, karena polianilin memiliki bentuk yang stabil serta memiliki gugus amina ($:NH_2$) dan imina (NH^+) di dalam strukturnya. Gugus amina ($:NH_2$) merupakan aktivator yang kuat pada senyawa tersebut karena adanya efek resonansi dan induksi dari cincin benzena. Lepasnya elektron menyebabkan N pada gugus tersebut bermuatan

positif, bagian inilah yang berpotensi untuk berinteraksi pada permukaan yang bermuatan negatif pada zeolit [3]. Peneliti lain memodifikasi zeolit alam menggunakan polianilin (PANI) untuk menghilangkan Cr(VI) dalam larutan [4]. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa zeolit dapat dimodifikasi dengan polianilin melalui proses polimerisasi kation anilinium dengan struktur zeolit dan diperoleh kapasitas adsorpsi Cr(VI) meningkat seiring bertambahnya konsentrasi larutan. Pada modifikasi komposit nanoselulosa (NCC) dengan polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam berat yaitu Cr(III) dan Cr(VI), diperoleh hasil PANI-NCC memiliki kinerja yang baik untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) sehingga dapat mengadsorpsi anionik Cr(VI) sebanyak 97,89% dan kationik Cr(III) sebanyak 94,12% [3]. Telah dilaporkan oleh Mir dkk. [5] bahwa modifikasi zeolit nanostruktur oleh PANI juga telah dimanfaatkan dalam penginderaan karbon monoksida, heulandit/PANI digunakan untuk menghilangkan zat warna yang berkarakter asam secara efisien [6]. Baru-baru ini Jevremovic dkk. [7] melaporkan bahwa zeolit BEA/polianilin mempunyai kemampuan lebih tinggi untuk mengadsorpsi nicosulfuron. Selain itu zeolit termodifikasi PANI@Ni₂O₃ digunakan sebagai elektroda dalam pembuatan hidrogen dengan bahan baku air secara fotokatalitik [8].

Zeolit alam termodifikasi dengan polianilin (PANI) dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam berat, karena pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang terbesar, dengan sumber polusi yang timbul dari kegiatan industri. Banyak ion logam beracun yang sangat berbahaya untuk hewan dan manusia telah dibuang ke lingkungan sebagai limbah industri, menyebabkan polusi tanah dan air yang serius [9, 10]. Salah satu logam yang membahayakan terdapat pada lingkungan di antaranya logam kromium. Kromium(III) merupakan logam yang cukup berlimpah dan menjadi kontaminan dari berbagai proses industri [11], seperti penyamakan kulit, cat, metalurgi, dan pengolahan hidrokarbon. Ion Cr(III) merupakan keadaan oksidasi yang paling stabil dibandingkan lainnya, namun jika terdapat oksidator maka Cr(III) dapat teroksidasi menjadi Cr(VI). Oleh karena itu dalam penelitian ini dikaji kemampuan zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan polianilin (PANI) untuk adsorpsi ion logam kromium(III). Struktur kerangka zeolit yang memiliki muatan negatif pada bagian alumina menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion bermuatan positif (kation) yaitu polianilin (PANI). Oleh karena itu, diharapkan ion logam Cr(III) yang bermuatan positif dapat terjerap oleh gugus amina (:NH₂) yang berubah menjadi bermuatan negatif karena deprotonasi pada kerangka zeolit-Polianilin. Berdasarkan latar belakang yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) dan menentukan kemampuan adsorpsi zeolit termodifikasi polianilin (PANI) terhadap ion Cr(III) berdasarkan variasi konsentrasi dan pH. Kajian mengenai pengaruh pH larutan Cr(III)

diperlukan karena derajat keasaman menentukan spesies yang ada dalam larutan tersebut. Menurut Wu dkk. [12] dalam larutan berair pada pH 2 terdapat 98% spesies kromium sebagai Cr(III) bebas (Cr^{3+}) dan 2% sebagai $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, kenaikan pH menurunkan spesies Cr^{3+} dan meningkatkan pembentukan hidroksidanya. Variasi konsentrasi diperlukan karena kemampuan/kapasitas suatu adsorben (zeolit termodifikasi PANI) dalam mengadsorpsi mempunyai keterbatasan.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan dan alat

Bahan: zeolit alam dari Bayat Kabupaten Klaten Jateng, HF (E. Merck), anilin (E. Merck), HCl (E. Merck), amonium peroksodisulfat (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), akuades, akuabides.

Alat: peralatan gelas, *magnetic stirrer* dan *stirrer bar*, *shaker* (MAXQ 2000), cawan petri, kertas saring, indikator pH (MERCK), oven (BINDER), timbangan analitik OHAUS, furnace (VULCAN 3-130), spektrometer FT-IR (Shimadzu), XRF (EQUA), spektrometer UV-Vis (Perkin Elmer).

2.2. Prosedur penelitian

2.2.1. Preparasi dan aktivasi zeolit

Sejumlah zeolit alam digerus dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh, kemudian zeolit dicuci dengan akuades. Residu yang didapat, dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam. Sebanyak 30 Gram zeolit alam direndam dalam 600 mL larutan HF 1% selama 10 menit dan diaduk pada suhu kamar. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Kemudian padatan hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 4 jam.

2.2.2. Modifikasi zeolit alam

2.2.2.1. Pembuatan garam Anilin-HCl

Senyawa Anilin direaksikan dengan HCl pekat sebanyak 10 mL hingga terbentuk garam Ani-HCl yang kemudian dilarutkan secukupnya pada labu ukur.

2.2.2.2. Modifikasi zeolit alam dengan polianilin (PANI)

Sebanyak 0,645 gram garam anilin dan 0,806 gram amonium peroksodisulfat (APS) masing-masing dicampurkan dengan 10 mL akuabides. Selanjutnya, 5 gram zeolit ditambahkan 20 mL larutan Ani-HCl yang sudah disiapkan diaduk selama 30 menit, setelah itu ditambahkan

dengan 50 ml larutan APS (amonium peroksodisulfat) ke dalam wadah polimerisasi dengan kondisi pengadukan tetap berjalan selama 2 jam. Setelah selesai, campuran didiamkan selama 3 jam lalu disaring. Kemudian residu yang didapatkan dicuci dengan aquades dan etanol dengan perbandingan 1:4. Padatan yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 5 jam. Variasi Konsentrasi Ani-HCl yang digunakan yaitu 0,01 M dan 0,05 M. Zeolit termodifikasi polianilin dikarakterisasi menggunakan FTIR, selanjutnya data FTIR diolah menggunakan aplikasi Fityx.

2.2.3. Adsorpsi Ion Logam Kromium

2.2.3.1. Variasi konsentrasi

Sebanyak 0,1 gram zeolit-polianilin dicampurkan dengan 10 mL larutan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1000; 1500; 2000; 2500 ppm, campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

2.2.3.2. Variasi pH

Sebanyak 0,1 gram zeolit-Polianilin dicampurkan dengan 10 ml $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi pH 1; 2; 3; dan 4 dengan konsentrasi optimum yang didapat. Campuran diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit kemudian filtrat disaring. Filtrat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Aktivasi zeolit alam

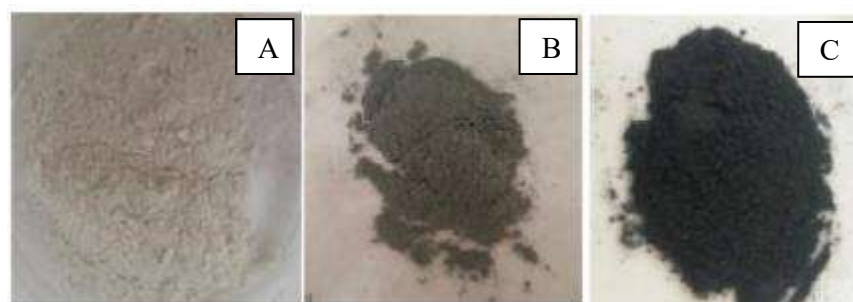
Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bayat, Klaten Jawa Tengah. Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu proses aktivasi secara fisika dan proses aktivasi secara kimia [13]. Proses aktivasi zeolit secara fisika dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam menjadi partikel-partikel yang lebih kecil kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penggerusan dan pengayakan zeolit ini bertujuan untuk memperkecil ukuran zeolit. Setelah itu dilakukan pencucian dengan aquades dan pengovenan pada suhu 110° C selama 4 jam, hal tersebut bertujuan untuk membersihkan zeolit dari pengotor-pengotor organik yang mungkin menutupi permukaan zeolit yang dapat mengganggu proses modifikasi zeolit. Selanjutnya dilakukan pencucian zeolit menggunakan larutan asam yaitu HF 1%. Pencucian dengan larutan HF 1% ini bertujuan agar permukaan pori-pori zeolit lebih terbuka dan menghilangkan pengotor-pengotor oksida (seperti CaO , Fe_2O_3 , K_2O , dan MgO) yang terdapat pada zeolit yang mungkin dapat merusak struktur asli dari zeolit itu sendiri.

Pengurangan atau bahkan penghilangan logam atau oksida logam tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan. Keberadaan unsur-unsur tersebut dapat diketahui dari hasil pengukuran XRF, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Pada saat aktivasi ini diharapkan tidak merubah struktur dari zeolit sehingga gugus aktif yang dimiliki zeolit semakin aktif untuk berinteraksi dengan $(-\text{NH}_2^+)$ yang berada pada polianilin (PANI). Kemudian dilakukan pendiaman selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan proses aktivasi. Selanjutnya, dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral hingga terbentuk zeolit alam teraktivasi. Setelah itu, zeolit teraktivasi dipanaskan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 4 jam yang bertujuan untuk mendapatkan zeolit aktif yang bebas dari pengotor-pengotonya seperti Ca, Mg, Fe dan lain-lain [14].

3.2. Hasil Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI)

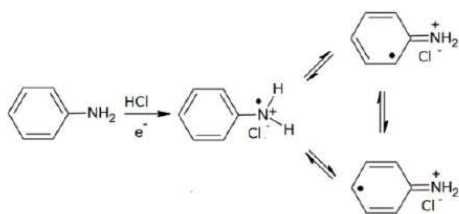
Modifikasi ini bertujuan untuk memperoleh zeolit-PANI. Atom N dari gugus imin yang terdapat pada polianilin dapat membentuk $-\text{NH}_2^+$ sehingga berpotensi untuk berinteraksi dengan permukaan zeolit yang mempunyai muatan negatif. Modifikasi ini dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 0,01 dan 0,05 M. Indikasi telah terjadi interaksi zeolit-PANI adalah adanya perubahan fisik yang dapat diamati pada zeolit alam yang berwarna putih keabu-abuan berubah menjadi abu-abu tua pada konsentrasi 0,01 M dan warna yang lebih pekat teramati pada konsentrasi 0,05 M seperti tampak pada Gambar 1. Perubahan warna tersebut menunjukkan telah terbentuk polimer polianilin.



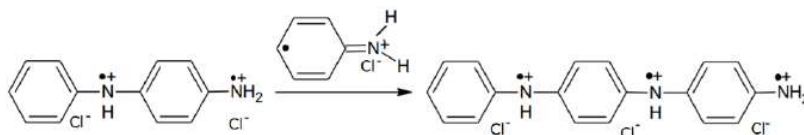
Gambar 1. Perubahan warna pada (A) zeolit alam (B) zeolit-PANI 0,01M (C) zeolit-PANI 0,05M

Zeolit-polianilin (zeolit-PANI) diperoleh dengan cara menambahkan monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) dan HCl ke dalam struktur zeolit, kemudian ditambahkan amoniumperoksodisulfat (APS) $NH_4S_2O_8$. Polianilin merupakan hasil polimerisasi anilin dengan oksidator HCl. Polimerisasi tersebut diawali dengan tahap inisiasi dalam suasana asam, tahap ini membutuhkan energi yang tinggi. APS digunakan sebagai agen inisiator mempunyai potensial oksidasi lebih tinggi dibanding anilin [15] sehingga proton pada asam dapat berikatan dengan gugus amin membentuk Ani-HCl. Menurut Taylor [16] dalam Yuningsih dkk. [17] pembentukan polimer polianilin dari anilin adalah sebagai berikut:

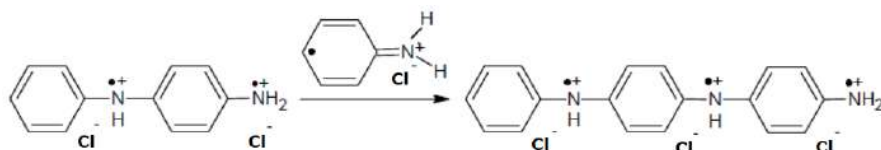
a. Tahap inisiasi



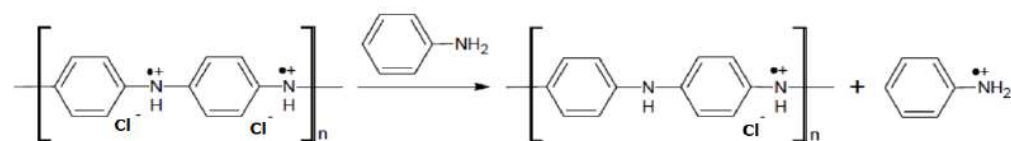
b. Tahap kopling



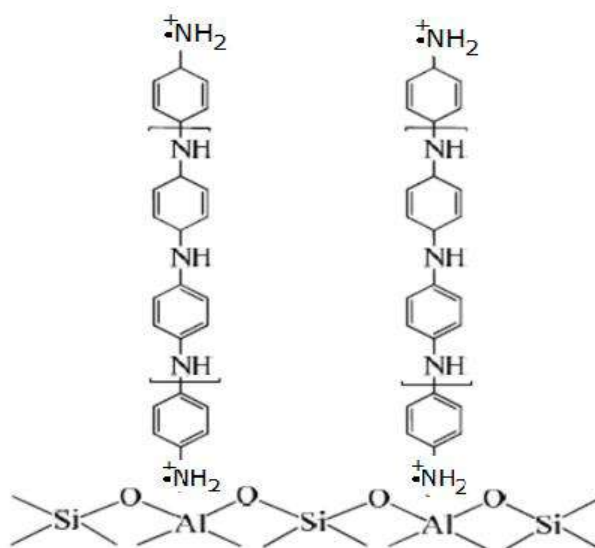
c. Tahap propagasi



d. Tahap terminasi



Pada Gambar 2, menunjukkan ilustrasi pembentukan Zeolit-PANI dimana atom N yang terikat pada gugus imin dari polianilin dapat membentuk $-NH_2^+$, diprediksikan dapat terjadi interaksi dengan muatan negatif yang terdapat pada permukaan zeolit.



Gambar 2. Ilustrasi pembentukan zeolit-PANI

3.3. Pengaruh penambahan PANI terhadap komposisi komponen zeolit

Pada proses aktivasi ditambahkan HF 1%, agar unsur maupun logam-logam lain yang terdapat pada zeolit di luar kerangka/*framework* dapat larut. Keberadaan logam atau unsur tersebut dapat diketahui melalui analisis unsur menggunakan X-ray Fluorescence (XRF). Data hasil pengukuran XRF terdapat pada Tabel 1. Namun dalam penelitian ini zeolit alam setelah aktivasi masih mengandung logam Ca dan Fe. Pengurangan atau bahkan penghilangan unsur tersebut perlu dilakukan agar tidak mengganggu interaksinya dengan polianilin maupun adsorpsi Cr(III). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk secara alamiah, sehingga ion-ion penyeimbang struktur zeolit berupa logam-logam dari golongan alkali tanah. Logam Fe merupakan logam yang sangat melimpah dan dapat merupakan kation penyeimbang bagi zeolit pula. Karena interaksi antara kation dari Ca, Mg dan Fe dengan zeolit kuat maka sulit untuk digantikan oleh kation lain oleh karena itu perlu dihilangkan.

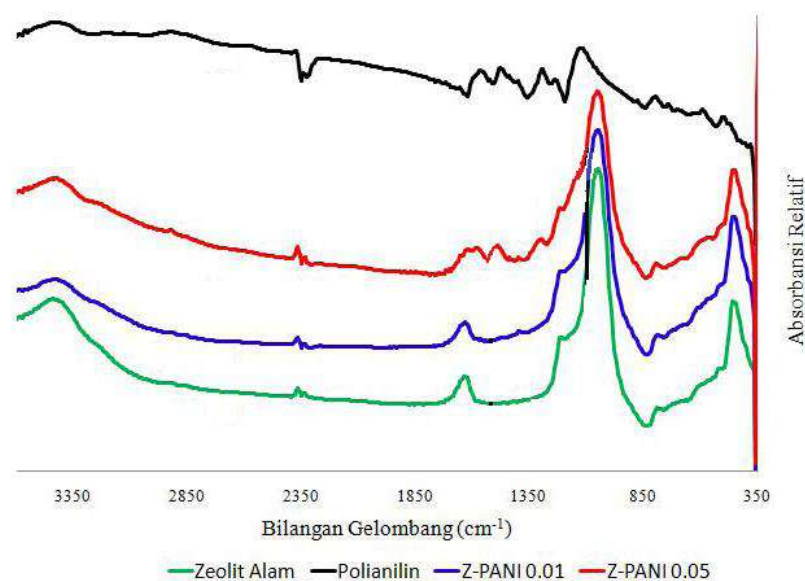
Tabel 1. Data kadar komponen pada zeolit alam dan zeolit-PANI

Komponen	Kadar (%)		
	Zeolit alam	Zeolit-PANI 0,01M	Zeolit-PANI 0,05M
SiO ₂	66,58	72,90	56,04
Al ₂ O ₃	10,75	9,90	7,75
CaO	8,10	5,90	5,12
Fe ₂ O ₃	5,37	4,35	3,99
K ₂ O	5,63	2,56	1,79
Cl	1,02	1,07	1,61
P ₂ O ₅	-	1,08	1,45
SO ₃	1,07	1,01	3,90
TiO ₂	1,00	0,84	0,89

Berdasarkan Tabel 1 juga diperoleh informasi tentang komposisi SiO_2 dan Al_2O_3 . Hasil perhitungan menunjukkan zeolit yang telah dimodifikasi dengan PANI mengalami kenaikan rasio Si/Al nya, yaitu dari 10,94 pada zeolit alam menjadi 13,546 untuk Zeolit-PANI 0,01M dan 12,77 pada zeolit-PANI 0,05 M. Hal ini menjelaskan semakin tinggi rasio Si/Al nya maka jumlah muatan positif pada zeolit semakin bertambah sehingga memiliki nilai tukar anion yang besar pada zeolit tersebut.

3.4. Hasil analisis FTIR

Analisis spektra *infra* merah (FTIR) merupakan salah satu metode yang cukup penting untuk mengkarakterisasi struktur kerangka. Spektra zeolit alam sebelum dan sesudah modifikasi dengan PANI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR zeolit alam dan zeolit-PANI

Pada Gambar 3, struktur kerangka zeolit ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 300-1300 cm^{-1} . Bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya ikatan tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-5}$. Bilangan gelombang 420-500 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada internal sedangkan bilangan gelombang 700-780 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk Si-O/Al-O (T-O) pada eksternal. Rentang simetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 650-850 cm^{-1} , sedangkan rentang asimetris ditunjukkan pada bilangan gelombang 900-1250 cm^{-1} [18].

Dari data yang ditunjukkan dalam perbandingan spektrum FTIR dari polianilin dan zeolit termodifikasi PANI, bahwa pada panjang gelombang sekitar 1335-1250 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan C-N amina aromatik sekunder yang menjelaskan adanya

protonasi dari PANI. Ikatan yang kuat pada ikatan C-N dianggap menjadi ukuran tingkat delokalisasi elektron dalam rantai PANI dan dengan demikian merupakan puncak karakteristik yang berhubungan dengan konduktivitas PANI karena dalam strukturnya mempunyai ikatan π terkonjugasi yang menyebabkan elektron dapat berpindah di sepanjang strukturnya. Pembentukan polimer PANI terjadi melalui interaksi gugus $-NH_2$ dan ion karbonium pada fenil sehingga terbentuk ikatan C-N. Intensitas serapan pada C-N ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PANI dalam zeolit [3]. Selain itu spektra FTIR menunjukkan bahwa Polianilin (PANI) dapat berinteraksi dengan zeolit teraktivasi melalui pertukaran kation. Hal ini dibuktikan dengan munculnya puncak dari Polianilin dengan panjang gelombang sekitar $116-1176,28\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C-H bending dan pada panjang gelombang sekitar $1400-1500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C benzoid dan $1500-1600\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi C=C quinoid [19].

Spektra FTIR pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa variasi konsentrasi mempengaruhi posisi, bentuk dan puncak serapan polianilin sehingga mengalami perbedaan spektra FTIRnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi Polianilin yang ditambahkan pada zeolit semakin menunjukkan puncak-puncak yang menyerupai Polianilin. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi fisik, hal ini ditandai dengan tidak menghasilkan gugus baru zeolit-PANI, namun hanya menghasilkan gugus fungsi zeolit dan polianilin.

Untuk mengetahui besarnya intensitas perubahan yang terjadi diperlukan adanya analisis secara kuantitatif dengan menggunakan aplikasi Fityk sehingga didapatkan hasil puncak dekonvolusi pada spektrum FTIR yang ada untuk mendapatkan informasi tentang perbedaan yang hampir tidak terlihat (vibrasi di daerah tumpang tindih) dalam proses modifikasi dengan mengukur intensitas absorpsi yang berhubungan dengan jenis gugus kimia yang akan diukur. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rasio C-H/Si-O

Jenis sampel	Intensitas absorpsi Gugus fungsi		Rasio C-H/Si-O
	Si-O ($1050,00\text{ cm}^{-1}$)	C-H ($1162,23\text{ cm}^{-1}$)	
Zeolit alam	22564	267,66	1,1862
Zeolit-PANI 0,01	23536,9	896,84	3,8103
Zeolit-PANI 0,05	24059,1	1404,29	5,8369

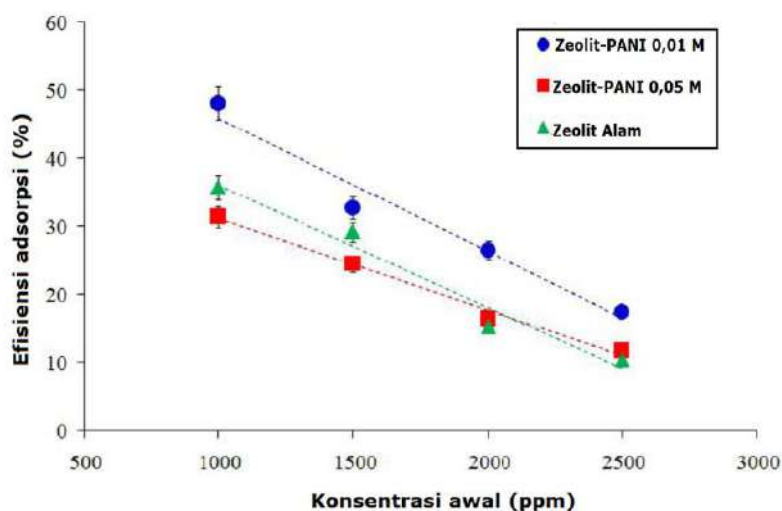
Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan aplikasi fityk menunjukan bahwa rasio gugus penyusun zeolit-polianilin salah satunya yaitu C-H bending mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi yang dimasukkan ke dalam zeolit sehingga dapat disimpulkan bahwa

semakin bertambahnya luas area C-H maka keberadaan gugus tersebut semakin besar pada zeolit termodifikasi polianilin [20].

3.5. Aplikasi Zeolit-PANI sebagai adsorben ion logam kromium(III)

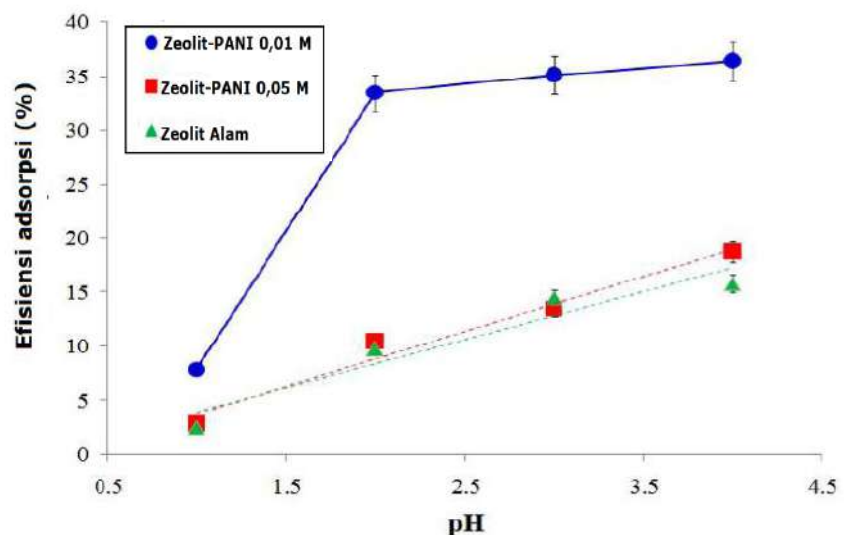
Uji kemampuan adsorpsi zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) terhadap ion logam Cr(III), dilakukan pada variasi konsentrasi awal yaitu 1000, 1500, 2000, dan 2500 ppm serta variasi pH sistem 1,2,3, dan 4. Konsentrasi ion logam Cr(III) setelah adsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 420 nm. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan efisiensi teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01, zeolit-PANI 0,05 dan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan grafik hubungan pH sistem dengan efisiensi adsorpsi ion logam yang teradsorpsi terdapat pada Gambar 5.

Pada Gambar 4, teramati bahwa kemampuan adsorpsi ion logam Cr(III) oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI turun seiring bertambahnya konsentrasi larutan logam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa situs aktif adsorben zeolit alam dan zeolit-PANI pada konsentrasi tinggi telah jenuh oleh ion logam Cr(III) tersebut, sehingga kapasitas adsorpsinya cenderung menurun pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses adsorpsi melalui suatu interaksi elektrostatis antara muatan positif yang terdapat pada Cr(III) dengan muatan negatif dari polianilin yang terdeprotonasi menjadi ($-NH_2^+$), sehingga interaksi dapat terjadi karena zeolit dan polianilin telah membentuk suatu bilayer pada permukaan luar zeolit yang berada di atas permukaan [21].



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi ion logam Cr(III) dengan persentase teradsorpsi pada tiga sampel zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Adanya tarikan antara muatan tersebut menyebabkan pada konsentrasi ion logam Cr(III) yang lebih rendah membuat kemampuan untuk mengadsorpsi antar molekul-molekulnya semakin mudah karena hanya memerlukan energi yang lebih sedikit. Selain itu, efisiensi teradsorpsi Cr(III) tidak terlalu tinggi < 50%, dikarenakan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit PANI yang sudah terikat pada pusat aktif dari zeolit menyebabkan gaya tolakan antara muatan yang terdapat pada PANI yang sudah terisi penuh sehingga logam Cr(III) sulit untuk masuk ke dalam gugus zeolit-PANI.



Gambar 5. Grafik hubungan pH dengan efisiensi teradsorpsi (%) Cr(III) oleh zeolit-PANI 0,01 M, zeolit-PANI 0,05 M dan zeolit alam

Pengkondisian pH dilakukan terhadap larutan Cr(III) sebelum diinteraksikan dengan zeolit. Pemilihan pH 1-4 pada proses adsorpsi dikarenakan kromium berada dalam bentuk Cr(III) bebas atau Cr^{3+} pada pH 1-2, pada pH di atasnya konsentrasi Cr^{3+} mulai berkurang dan mulai muncul $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, sehingga jika pada pH lebih tinggi dimungkinkan adsorpsi dapat terinterferensi oleh terbentuk endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Penelitian Sulastri dkk. [22], juga menunjukkan bahwa pada larutan dengan pH yang rendah, ion Cr(III) dalam keadaan terlarut, dan akan mengalami kekeruhan pada larutan dengan pH 5.

Untuk mendapatkan kondisi pH optimum digunakan konsentrasi ion logam Cr(III) 1000 ppm karena pada konsentrasi ini terserap paling banyak oleh zeolit alam maupun zeolit-PANI. Berdasarkan Gambar 5, efisiensi adsorpsi ion logam Cr(III) tertinggi oleh zeolit alam dan zeolit-PANI pada pH 4. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan efisiensi adsorpsi karena jika pada pH tinggi maka zeolit-PANI akan terdeprotonasi membentuk permukaan muatan negatif ($:\text{NH}_2$)

dan mampu menyerap kationik Cr(III) melalui interaksi elektrostatis. Kenaikan pH juga menyebabkan jumlah -NH_2 dalam zeolit-PANI akan terbentuk lebih banyak sehingga ikatan yang terjadi antara ion Cr(III) dengan gugus aktif atom nitrogen juga makin banyak. Hasil adsorpsi pada pH 1 menunjukkan efisiensi teradsorpsi jauh lebih kecil dibandingkan dengan pH lainnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam kemungkinan dapat merusak struktur pada zeolit. Kerusakan struktur tersebut dapat terjadi karena logam Al pada zeolit terlepas dari struktur dalam kerangka/framework [23], sehingga mengakibatkan muatan negatif pada zeolit berkurang yang membuat daya absorpsi untuk menyerap ion logam Cr(III) menjadi menurun [24]. Selain itu terdapat kemungkinan terjadi kompetisi antara H^+ dan ion logam Cr(III) untuk teradsorpsi oleh zeolit.

Pada pH basa dapat menyebabkan larutan Cr(III) mengendap. Hal ini dikarenakan ion Cr(III) memiliki nilai K_{sp} yaitu sekitar $3,752 \times 10^{-3}$ sehingga berdasarkan perhitungan ion Cr(III) akan mengendap pada kondisi $\text{pH} > 5,29$ [25]. Pada saat pengkondisian basa dilakukan penambahan larutan ammonia sampai pH menunjukkan $>5,29$ dan terjadi pengendapan seperti gelatin yang berwarna abu-abu hijau sampai abu-abu biru, yaitu kromium(III) hidroksida [26].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa zeolit alam telah berhasil dimodifikasi oleh PANI yang ditandai terdapatnya gugus polianilin pada bilangan gelombang $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ dan 1597 cm^{-1} pada spektra FTIR. Kemampuan adsorpsi adsorben berupa efisiensi adsorpsi terbaik terhadap ion logam Cr(III) adalah zeolit-PANI 0,01M pada pH 4 serta konsentrasi awal 1000 ppm yaitu sebesar 48,13%.

Referensi

- [1] B. Kaur, R. Srivastava, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic–Inorganic Hybrid Materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476-488 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081>
- [2] A. Komariah, S. Sriatun, P. Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13-18 <https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18>.
- [3] P. Jain, S. Varshney, S. Srivastava, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827–1839. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1>.
- [4] A.A. Shyaa, O.A. Hasan, A.M. Abbas, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zelite Nanocomposite for the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101-107.

- <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001>
- [5] M.A. Mir, M.A. Bhat, S.A. Majid, S.H. Lone, M.A. Malla, K.R. Tiwari, A.H. Pandit, R. Tomar, R.A. Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137-1146. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027>
 - [6] M.R. Abukhadra, M. Rabia, M. Shaban, F. Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501-2511. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030>
 - [7] A. Jevremović, P. Bober, M. Mičušík, J. Kuliček, U. Acharya, J. Pflieger, M. Milojević-Rakić, D. Krajišnik, M. Trchová, J. Stejskal, G. Ćirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006>
 - [8] M.A. Sayed, M.R. Abukhadra, M.A. Salam, S.M. Yakout, A.A. Abdeltawab, I.M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943>
 - [9] A. Maleki, B. Hayati, M. Naghizadeh, S.W. Joo, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, (2015) 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.02.016>
 - [10] R.E. Morsi, E. Khamis, A. Al-Sabagh, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, (2016) 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.028>
 - [11] N.H. Mthombeni, M.S. Onyango, O. Aoyi, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, (2015) 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.037>
 - [12] D. Wu, Y. Sui, S. He, X. Wang, C. Li, H. Kong, Removal of Trivalent Chromium from Aqueous Solution by Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash, *J. Hazardous Materials*, 155, (2008) 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.082>
 - [13] D.Y. Lestari, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 2010.
 - [14] S. Ansori, Sriatun Sriatun, Pardoyo, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19, 2, (2016) 68 – 71. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.68-71>.
 - [15] I. Rahayu, A. Wijayati, S. Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2, 1, (2015) 74-79. <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3143>.
 - [16] G.G. wallace, P.R. Teasdale, G.M. Spinks, L.A.P. Kane-Maguire, *Conductive Electroactive Polymer: Intelligent Polymer System*, Third Edition, Taylor and Francis Group, 2008. <https://doi.org/10.1201/9781420067156>
 - [17] L.M. Yuningsih, D. Mulyadi, Y.M. Fauziyah, Sintesis Komposit Polianilin-karbon aktif dari Tongkol jagung sebagai elektrolit padat pada baterai. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 4, 2, (2018) 119-123. <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.7390>
 - [18] H. Hamdan, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia, 1998.
 - [19] A. Olad, M. Khatamian, B. Naseri, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by

- Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 8, 1, (2011) S141-S151. <https://doi.org/10.1007/BF03254291>
- [20] A. Wibowo, Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell, Tesis, Bandung: ITB, 2007.
- [21] S.R. Taffarel, J. Rubio, Removal of Mn^{2+} from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite, *Minerals Engineering*, 23, (2010) 1131-1138. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.07.007>
- [22] S. Sulastri, Nuryono, I. Kartini, E.S. Kunarti, Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium(III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Saintek*, 19, 2, (2014) 33-44. <https://doi.org/10.21831/jps.v19i2.3501>
- [23] S. Sriatun, D. Buntarto, A. Darmawan, Pengaruh Penambahan Surfaktan HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11, 1, (2008) 11–14. <https://doi.org/10.14710/jksa.11.1.11-14>
- [24] T.C. Wang, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, Massachusetts Institute of Technology. 2002.
- [25] T. Chen, Z. Zhou, S. Xu, H. Wang, W. Lu, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge, *Bioresource Technology*, 190, (2015) 388-394. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.115>
- [26] J. Basset, R.C. Denny, *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, P. B. K. Edisi ke-4, EGC, Jakarta, 1994.

Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) metal ion

Rina Nurianingsih¹, Sriatun^{1*}, Adi Darmawan¹

Inorganic Chemistry Laboratory, Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics at

Diponegoro University

* corresponding author: sriatun@live.undip.ac.id

Abstract.

Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:\text{NH}_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore, it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that natural zeolite successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicates the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data shows that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions is zeolite-PANI 0.01M. The best pH condition is four, the initial concentration of Cr(III) metal ions is 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48,13%.

Keywords: *natural zeolite, polyaniline, adsorbent, Cr(III)*

1. Introduction

Natural zeolite is an aluminosilicate mineral with a three-dimensional structure, consisting of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$ connected by oxygen atoms. Generally, negatively charged surfaces in natural zeolites balanced by cations of alkali or alkaline earth metal ions. Zeolites have an open three-dimensional skeletal structure, consisting of canals and cavities. Usually, alkali or alkaline earth metals and free moving water molecules [1]. Natural zeolite is one of the most

commonly used inorganic materials for surface modification because it has a permanent negative charge in its crystal structure, making it suitable for various types of modifications. The ability of natural zeolite adsorption needs to be improved because there are disadvantages such as, in its structure, there are various kinds of balancing cations such as Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , and other metal ions. Besides, it still contains metal oxides which allow it to cover the pores and cavities of natural zeolites. Activation with acid addition can dissolve the metal oxides and exchange the counter cation to H^+ .

One modification of zeolite carried out by adding cationic compounds to activated zeolites [2]. Polyaniline is a cationic polymer that is widely used to modify natural zeolites because polyaniline has a stable form and has amine groups ($:\text{NH}_2$) and imines (NH^+) in the structure. The amine group ($:\text{NH}_2$) is a potent activator for these compounds due to the resonance and induction effects of the benzene ring. The release of electrons causes the N atom in the group to positively charged, and this is the part that has the potential to interact on negatively charged surfaces in zeolites [3]. Other researchers, modified natural zeolites using polyaniline (PANI) to remove Cr(VI) in solution [4]. From this research, it found that modified zeolite by polyaniline through the polymerization process of anillinium cation. The adsorption capacity of Cr(VI) increases with increasing solution concentration. In the modification of nanocellulose composites (NCC) with polyaniline (PANI) as adsorbent of heavy metal ions namely Cr(III) and Cr(VI), the results obtained PANI-NCC has excellent performance for metals Cr(III) and Cr(VI) so that it can adsorb anionic Cr(VI) as much as 97.89% and cationic Cr(III) as much as 94.12% [3]. It has been reported by Mir et al. [5] that the modification of zeolite nanostructures by PANI has also used in sensing carbon monoxide; heulandite/PANI is used to remove dyes that are acidic efficiently [6]. Recently Jevremovic et al. [7] reported that BEA/polyaniline zeolites have a higher ability to adsorb nicosulphuron. Also, PANI @ Ni_2O_3 -modified zeolite is used as an electrode in the manufacture of hydrogen with photocatalytic water as raw material [8].

Modified natural zeolite with polyaniline (PANI) used as an adsorbent of heavy metal ions because environmental pollution by heavy metals is the biggest problem, with sources of pollution arising from industrial activities. Many toxic metal ions which are very dangerous to animals and humans have been discharged into the environment as industrial waste, causing severe soil and water pollution [9, 10]. One of the dangerous metals found in the environment includes chromium metal. The Chromium(III) is a metal that is quite abundant and becomes a contaminant of various

industrial processes [11], such as tanning leather, paint, metallurgy, and hydrocarbon processing. The Cr(III) ion is the most stable oxidation state compared to others, but if there is an oxidizer, then Cr(III) can be oxidized to Cr(VI). Therefore in this study, the ability of natural zeolites that have modified with polyaniline (PANI) analyzed for the adsorption of Cr(III) metal ion is examined. The zeolite skeletal structure, which has a negative charge on the alumina section, causes electrostatic interactions with positively charged ions (cations), namely polyaniline (PANI). Therefore, it is expected that the positively charged Cr(III) metal ion absorbed by the amine group ($:\text{NH}_2$), which turns into a negative charge due to deprotonation in the zeolite-Polyaniline framework. Based on the background, the purpose of this study is to obtain polyaniline modified natural zeolite (PANI) and determine the ability of adsorption of polyaniline modified zeolite (PANI) to Cr(III) ions based on variations in concentration and pH. A study of the pH effect of the Cr(III) solution is needed because the degree of acidity determines the species in the solution. According to Wu et al. [12] in an aqueous solution at pH 2, there are 98% of the chromium species as free Cr(III) or (Cr^{3+}) and 2% as $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, increasing the pH decreases the Cr^{3+} species and increases its hydroxide formation. Variation in concentration is needed because the ability/capacity of an adsorbent (PANI-modified zeolite) to adsorb has limitations.

2. Experimental Methods

2.1. Materials and equipment

Materials: natural zeolite from Bayat, Klaten, Central Java, HF (E. Merck), aniline (E. Merck), HCl (E. Merck), ammonium peroxodisulfate (E. Merck), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (E. Merck), distilled water, aquabides.

Equipment: glassware, magnetic stirrer and stirrer bar, shaker (MAXQ 2000), petri dish, filter paper, pH indicator (MERCK), oven (BINDER), OHAUS analytical balance, furnace (VULCAN 3-130), FT-IR spectrometer (Shimadzu), XRF (EQUA), UV-Vis spectrometer (Perkin Elmer).

2.2. Experimental Procedure

2.2.1. Zeolite preparation and activation

A number of natural zeolites are crushed and mashed and then sieved using a 100 mesh sieve, and then the zeolites are washed with distilled water. The residue obtained was heated in an oven at 110°C for 4 hours. A total of 30 grams of natural zeolite were immersed in 600 mL of 1%

HF solution for 10 minutes and stirred at room temperature. Next, zeolite filtered and washed with distilled water until the filtrate showed a neutral pH, and then the filter solids are dried in an oven at 110° C for 4 hours.

2.2.2. Modification of natural zeolites

2.2.2.1. Preparation of Aniline-HCl salt

The Aniline compound was reacted with 10 mL of concentrated HCl to form Ani-HCl salt which was then sufficiently dissolved in a volumetric flask.

2.2.2.2. Modification of natural zeolites with polyaniline (PANI)

A total of 0.645 grams of aniline salt and 0.806 grams of ammonium peroxodisulphate (APS) mixed with 10 mL aquabides, respectively. Next, 5 grams of zeolite added with 20 mL of the prepared Ani-HCl solution stirred for 30 minutes, after which 50 ml of APS (ammonium peroxodisulphate) solution was added to the polymerization container under stirring conditions for 2 hours. After finishing, the mixture is allowed to stand for 3 hours then filtered. Then the residue obtained was washed with distilled water and ethanol in a ratio of 1: 4. Washed solids are dried in an oven at 60° C for 5 hours. Ani-HCl Concentration Variations used were 0.01 M, and 0.05 M. Polyaniline modified zeolite was characterized using FTIR, then FTIR data was processed using the Fityx application.

2.2.3. Chromium Metal Ion Adsorption

2.2.3.1. Variation in concentration

0.1 grams of zeolite-polyaniline mixed with 10 mL of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution with a concentration variation of 1000; 1500; 2000; 2500 ppm, the mixture is stirred using a shaker for 60 minutes then filtered. The filtrate was analyzed using a UV-VIS spectrophotometer.

2.2.3.2. PH variations

A number of 0.1 grams of zeolite-Polyaniline mixed with 10 ml of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with variations in pH 1; 2; 3; and 4 with the optimum concentration obtained. The mixture is stirred using a shaker for 60 minutes, and then the filtrate is filtered. The filtrate was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer.

3. Results and Discussion

3.1 Activation of natural zeolites

The natural zeolite used in this study came from Bayat, Klaten, Central Java. The natural zeolite activation process carried out in two ways, namely the physical activation process and the chemical activation process [13]. The zeolite activation process is physically carried out by grinding natural zeolites into smaller particles and then sieved with a size of 100 mesh. Scouring and sifting the zeolite aims to reduce the size of the zeolite. After washing with distilled water and oven at 110° C for 4 hours, it aims to clean the zeolites from organic impurities that might cover the surface of zeolites that can interfere with the zeolite modification process. Then the zeolite was washed using an acid solution of 1% HF. Washing with a 1% HF solution aims to make the surface of zeolite pores more open and remove oxide impurities (such as CaO, Fe₂O₃, K₂O, and MgO) found in zeolites which may damage the original structure of the zeolite itself. Metal oxides removal is needed to avoid interference with polyaniline or Cr(III) adsorption. Natural zeolite is a naturally formed mineral so that the zeolite structure balancing ions are metals from the alkaline earth group. Iron metal is a very abundant metal and can be a balancing cation for zeolites, as well. The interaction between cations of Ca, Mg, and Fe with zeolite is reliable, so other cations are challenging to replace; therefore, it is necessary to remove these metals. The existence of these elements can be known from the results of XRF measurements, as shown in Table 1.

At the time of the activation, it is expected not to change the structure of the zeolite so that the active group possessed by the zeolite becomes more active to interact with (-NH₂⁺), which is in polyaniline (PANI). Then it will be dwelling for 10 minutes, and this aims to maximize the activation process. Next, wash with distilled water to neutral pH to form activated natural zeolites. After that, activated zeolites are heated in an oven at 110° C for 4 hours in order to get active zeolites free from impurities such as Ca, Mg, Fe, and others [14].

3.2. Modified Natural Zeolite with Polyaniline (PANI)

This modification aims to obtain zeolite-PANI. The N atom of the imine group contained in polyaniline can form -NH₂⁺ so that it has the potential to interact with the zeolite surface, which has a negative charge. This modification was carried out with variations in concentrations of 0.01 and 0.05 M. The change in color shows the zeolite-PANI interaction; at a concentration of 0.01 M, the grayish-white color turns dark gray, while at a concentration of 0.05 M the color becomes

darker as shown in Figure 1. Color changes indicate that the formation of polyaniline polymers has been successful.

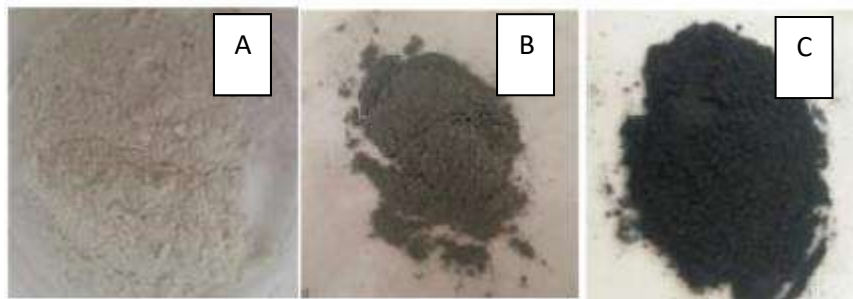
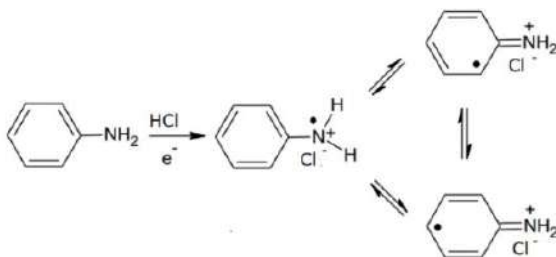


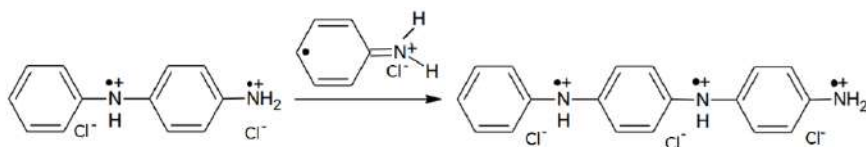
Figure 1. Color changes in (A) natural zeolite (B) 0.01-PANI zeolite (C) 0.05M zeolite-PANI

Zeolite-polyaniline (zeolite-PANI) is obtained by adding aniline monomers ($C_6H_5NH_2$) and HCl to the zeolite structure, then adding ammonium peroxydisulfate (APS) $NH_4S_2O_8$. Polyaniline is the result of the polymerization of aniline with an HCl oxidizer. The polymerization begins with the initiation step in the acid atmosphere, and this stage requires high energy. APS used as an initiator agent has a higher oxidation potential than aniline [15] so that protons in acids can bind with amine groups to form Ani-HCl. According to Taylor [16] in Yuningsih et al. [17], the formation of polyaniline polymers from aniline is as follows:

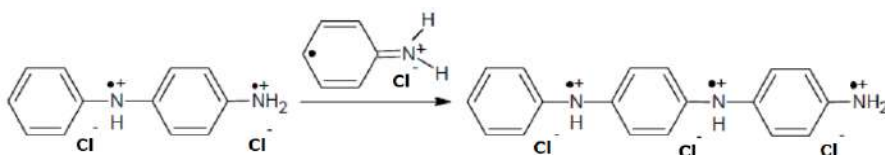
a. Initiation step



b. Coupling step



c. Propagation step



d. Termination step

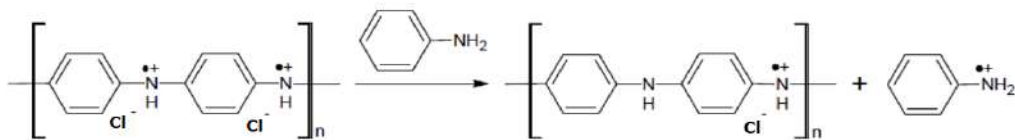


Figure 2 shows an illustration of the formation of Zeolite-PANI in which N atoms bound to the imine group of polyaniline can form -NH_2^+ . It predicted that interactions with the negative charge could occur on the surface of the zeolite.

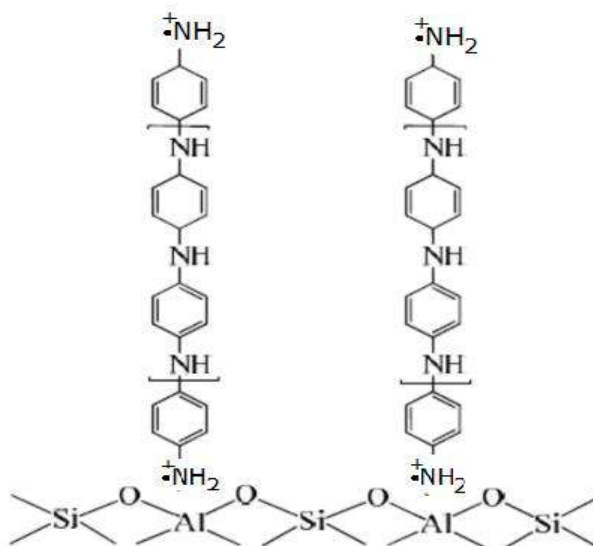


Figure 2. Illustration of zeolite-PANI formation

3.3. Effect of addition of PANI on the composition of zeolite components

In the activation process, the addition of 1% HF aims to dissolve other metals found outside the zeolite framework. The existence of these metals or elements can be determined through elemental analysis using X-ray Fluorescence (XRF). The XRF measurement data listed in Table 1. Nevertheless, in this study, natural zeolites after activation still contained calcium oxide and iron oxide. Reduction or even removal of these elements need to avoid interfering with their interactions with polyaniline or Cr(III) adsorption. Natural zeolite is a naturally formed mineral so that the zeolite structure balancing ions are metals from the alkaline earth group. Fe metal is a very abundant metal and can be a balancing cation for zeolites as well. Because the interaction between

cations of Ca^{2+} , Mg^{2+} , and Fe^{3+} with zeolites is difficult to replace by other cations, and therefore, they need to remove.

Table 1. Component on natural zeolites and zeolites-PANI

Components	Content (%)		
	Natural zeolite	Zeolite-PANI 0.01M	Zeolite-PANI 0.05M
SiO_2	66.58	72.90	56.04
Al_2O_3	10.75	9.90	7.75
CaO	8.10	5.90	5.12
Fe_2O_3	5.37	4.35	3.99
K_2O	5.63	2.56	1.79
Cl	1.02	1.07	1.61
P_2O_5	-	1.08	1.45
SO_3	1.07	1.01	3.90
TiO_2	1.00	0.84	0.89

Based on Table 1, it has also obtained information about the composition of SiO_2 and Al_2O_3 . The calculation results show that zeolites that have modified with PANI have increased Si/Al ratio, i.e., from 10.94 on natural zeolites to 13.546 for zeolite-PANI 0.01 M and 12.77 on zeolite-PANI 0.05 M. This data explains that the higher the Si/Al ratio, the amount of positive charge on the zeolite increases so that the anion exchange capacity also increases.

3.4. FTIR analysis results

Infrared spectra analysis (FTIR) is one method that is quite important to characterize the structure of the framework. Natural zeolite spectra before and after modification by PANI shown in Figure 3.

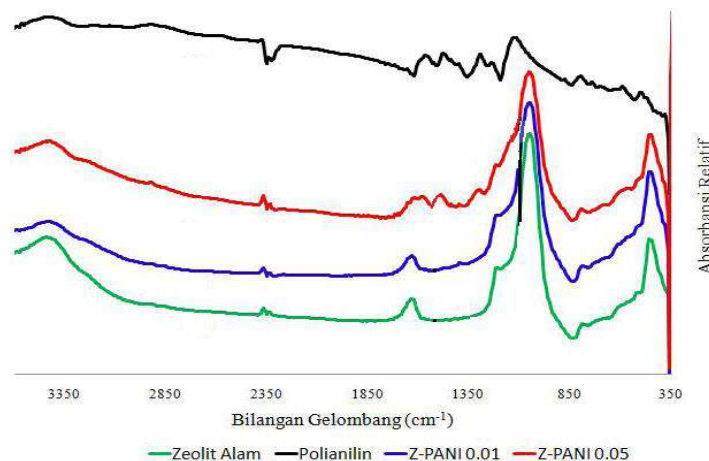


Figure 3. FTIR spectra of natural zeolite and zeolite-PANI

In Figure 3, the zeolite framework structure shown in the wavenumber region 300-1300 cm^{-1} . These indicate the existence of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$ bonds. The wavenumber 420-500 cm^{-1} is the vibration of Si-O/Al-O (T-O) on the internal, while the wave number 700-780 cm^{-1} is the vibration of the Si-O/Al-O (T-O) on the external. The symmetrical range shown at wavenumbers 650-850 cm^{-1} , and the asymmetric range is shown at wavenumbers 900-1250 cm^{-1} [18].

The comparison of the FTIR spectrum of polyaniline and PANI-modified zeolites explain the protonation of PANI. The wavelength of about 1335-1250 cm^{-1} shows the presence of stretching C-N secondary aromatic amines. A strong bond in the C-N bond is considered to be a measure of the degree of electron delocalization in the PANI chain. It is thus a characteristic peak associated with the conductivity of the PANI because, in its structure, it has a conjugated π bond, which causes electrons to move along the structure. The formation of a PANI polymer occurs through the interaction of $-\text{NH}_2$ groups and carbonium ions in phenyl to form a C-N bond. The absorption intensity at C-N increases with increasing PANI concentration in zeolites [3]. In addition, FTIR spectra show that Polyaniline (PANI) can interact with activated zeolites through cation exchange. This is evidenced by the emergence of the peak of Polyaniline with a wavelength of around 116-1176.28 cm^{-1} , which is a C-H bending vibration and at a wavelength of about 1400-1500 cm^{-1} which is a C=C benzenoid vibration and 1500-1600 cm^{-1} which is the vibration of C=C quinoid [19].

The FTIR spectra in Figure 3 also show that variations in concentration affect the position, shape, and peak of polyaniline uptake so that they experience FTIR spectra differences so that it can be concluded that the higher concentration of polyaniline added to zeolites increasingly shows peaks that resemble Polyaniline. Interactions that occur are physical interactions, this is characterized by not producing a new zeolite-PANI group, but only producing zeolite and polyaniline functional groups.

To find out the intensity of the changes that occur it is necessary to have a quantitative analysis using the Fityx application so that the peak deconvolution results obtained in the FTIR spectrum are available to obtain information about differences that are almost imperceptible (vibrations in overlapping regions) in the modification process by measuring the absorption intensity that is related to the type of chemical group to be measured. The calculation results are in Table 2.

Table 2. The results of calculating the C-H/Si-O ratio

Sample	Absorption intensity of function group		Ratio of C-H/Si-O
	Si-O (1050.00 cm ⁻¹)	C-H (1162.23 cm ⁻¹)	
Natural zeolite	22564	267.66	1.1862
Zeolite-PANI 0.01	23536.9	896.84	3.8103
Zeolite-PANI 0.05	24059.1	1404.29	5.8369

Based on the results of the application of fity, it shows that the ratio of zeolite-polyaniline constituents, one of which is C-H bending, increases as the concentration is added to the zeolite so that it can be concluded that the increasing area of the C-H area, the presence of the group is more fabulous in polyaniline modified zeolites [20].

3.5. Application of Zeolite-PANI as chromium(III) metal ion adsorbent

Polyaniline (PANI) modified natural zeolite adsorption capability on Cr(III) metal ions was carried out at initial concentration variations of 1000, 1500, 2000, and 2500 ppm as well as variations in system pH 1,2,3 and 4. The concentration of Cr(III) ions after adsorption was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at a maximum wavelength of 420 nm. The graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorbed efficiency in three samples of zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite can be seen in Figure 4, while the graph of the relationship between system pH and adsorption efficiency of metal ions adsorbed contained in Figure 5.

In Figure 4, it observed that the adsorption capacity of Cr(III) metal ions by natural zeolites and zeolites-PANI decreases with increasing concentration of a metal solution. These conditions indicate that the active sites of natural zeolite and zeolite-PANI adsorbents at high concentrations have saturated by these Cr(III) metal ions, so the adsorption capacity tends to decrease at high concentrations. The adsorption process through electrostatic interaction between the positive charge contained in Cr(III) and the negative charge of polyaniline deprotonated to (-NH₂⁺), so that interaction can occur because zeolites and polyanilines have formed a bilayer on the outer surface of zeolite above the surface [21].

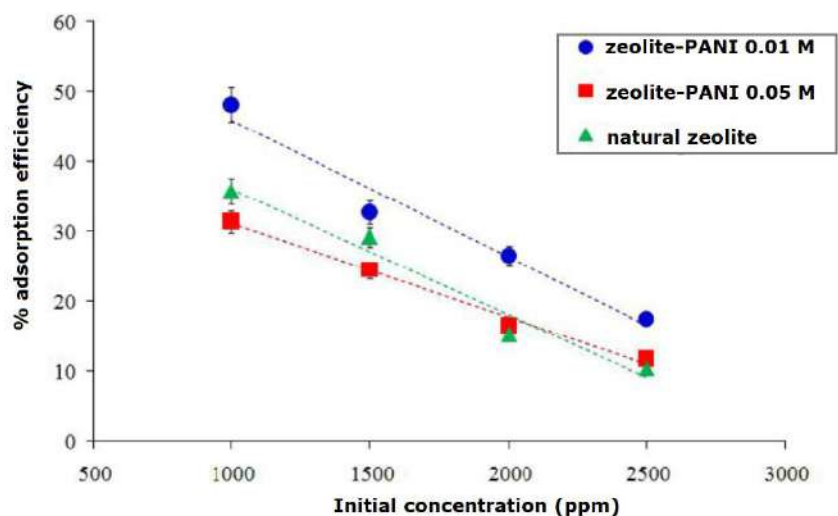


Figure 4. Graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorption efficiency in zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M, and natural zeolites

The attraction between these charges causes lower concentrations of Cr(III) metal ions to make the ability to adsorb between molecules more easily because they only require less energy. In addition, the efficiency of adsorbed Cr(III) is not too high <50%, due to the charge that exists along the PANI polyelectrolyte chain which is bound to the active center of the zeolite causing a repulsive force between the charge contained in the PANI which is fully charged so that the Cr(III) metal ion, it is difficult to enter the zeolite-PANI group.

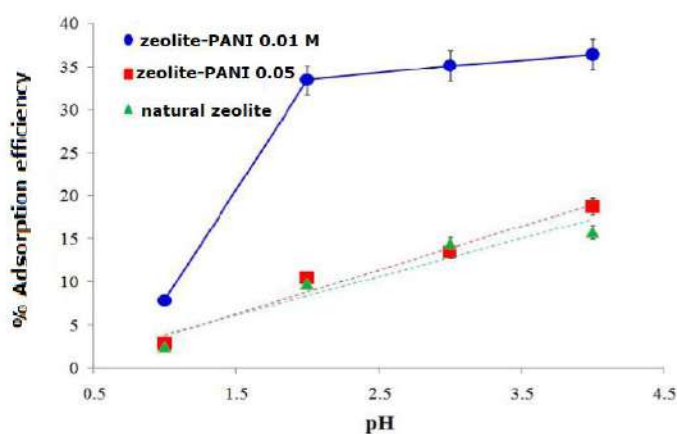


Figure 5. Graph of the relationship between pH and % adsorption efficiency Cr(III) by zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite

The pH conditioning is carried out on the Cr(III) solution before it has interacted with zeolite. The choice of pH 1-4 in the adsorption process is due to chromium being in the form of free Cr(III) or Cr^{3+} at pH 1-2, at the higher pH, the concentration of Cr^{3+} begins to decrease and $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ begins to appear. If the pH is higher, it is possible that adsorption can be interfered with by the deposition of $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Sulastri et al. [22], also shows that in a solution with a low pH, the Cr(III) ion is dissolved, and will experience turbidity in a solution with a pH of 5.

To get optimum pH conditions, the concentration of Cr(III) metal ion 1000 ppm is used because this concentration is absorbed most by natural zeolites and PAN-zeolites. Based on Figure 5, the highest adsorption efficiency of Cr(III) metal ions by natural zeolite and zeolite-PANI at pH 4. At pH 1-4 the adsorption efficiency increases because if at high pH the zeolite-PANI will be deprotonated to form a negative charge surface ($:\text{NH}_2$) and able to absorb Cr(III) cationic through electrostatic interactions. The increase in pH also causes the amount of $-\text{NH}_2$ in zeolite-PANI to form more so that the bonds that occur between Cr(III) ions and the active group of nitrogen atoms are also increasing. The adsorption result at pH 1 shows that adsorbed efficiency is much smaller compared to other pH levels. This is because in conditions that are too acidic pH may damage the structure of zeolites. Damage to the structure can occur because the Al metal in the zeolite is separated from the structure in the framework [23], resulting in a negative charge on the zeolite decreases which makes the absorption power to absorb Cr(III) metal ions decreases [24]. In addition there is the possibility of competition between H^+ and Cr(III) metal ions to be adsorbed by zeolites.

At an alkaline pH caused the solution of Cr(III) to settle. This is because the Cr(III) ion has a K_{sp} value of around 3.752×10^{-3} so based on the calculation of the Cr(III) ion, it will settle to a pH > 5.29 [25]. At the time of basic conditioning, ammonia solution is added to the pH showing > 5.29 , and deposition occurs like gelatin which is gray-green to blue-gray, namely chromium(III) hydroxide [26].

4. Conclusions

Based on the results and discussion, it concluded that the natural zeolite had been successfully modified by PANI, which is characterized by the presence of polyaniline groups at wave numbers $1303 - 1319 \text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} in the FTIR spectra. The ability of adsorbent

adsorbents in the form of the best adsorption efficiency of Cr(III) metal ions is 0.01M zeolite-PANI at pH four and an initial concentration of 1000 ppm that is equal to 48.13%.

References

- [1] B. Kaur, R. Srivastava, Simultaneous Determination of Epinephrine, Paracetamol, and Folic Acid Using Transition Metal Ion-Exchanged Polyaniline–Zeolite Organic-Inorganic Hybrid Materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476-488 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081>
- [2] A. Komariah, S. Sriatun, P. Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13-18 <https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18>.
- [3] P. Jain, S. Varshney, S. Srivastava, Site-Specific Functionalization for Chemical Speciation of Cr(III) and Cr(IV) Using Polyaniline Impregnated Nanocellulose Composite: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827–1839. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1>.
- [4] A.A. Shyaa, O.A. Hasan, A.M. Abbas, Synthesis and Characterization of Polyaniline/Zeolite Nanocomposite for the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001>
- [5] M.A. Mir, M.A. Bhat, S.A. Majid, S.H. Lone, M.A. Malla, K.R. Tiwari, A.H. Pandit, R. Tomar, R.A. Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137-1146. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027>
- [6] M.R. Abukhadra, M. Rabia, M. Shaban, F. Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501-2511. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030>
- [7] A. Jevremović, P. Bober, M. Mičušík, J. Kuliček, U. Acharya, J. Pfleger, M. Milojević-Rakić, D. Krajišnik, M. Trchová, J. Stejskal, G. Čirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006>
- [8] M.A. Sayed, M.R. Abukhadra, M.A. Salam, S.M. Yakout, A.A. Abdeltawab, I.M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943>
- [9] A. Maleki, B. Hayati, M. Naghizadeh, S.W. Joo, Adsorption of Hexavalent Chromium by Metal Organic Frameworks from Aqueous Solution, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, (2015) 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.02.016>
- [10] R.E. Morsi, E. Khamis, A. Al-Sabagh, Polyaniline Nanotubes: Facile Synthesis, Electrochemical, Quantum Chemical Characteristics and Corrosion Inhibition Efficiency, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, (2016) 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.028>
- [11] N.H. Mthombeni, M.S. Onyango, O. Aoyi, Adsorption of Hexavalent Chromium onto Magnetic Natural Zeolite-Polymer Composite, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical*

- Engineers, 50, (2015) 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.037>
- [12] D. Wu, Y. Sui, S. He, X. Wang, C. Li, H. Kong, Removal of Trivalent Chromium from Aqueous Solution by Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash, *J. Hazardous Materials*, 155, (2008) 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.082>
- [13] D.Y. Lestari, *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 2010.
- [14] S. Ansori, Sriatun Sriatun, Pardoyo, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19, 2, (2016) 68 – 71. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.68-71>.
- [15] I. Rahayu, A. Wijayati, S. Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2, 1, (2015) 74-79. <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3143>.
- [16] G.G. wallace, P.R. Teasdale, G.M. Spinks, L.A.P. Kane-Maguire, *Conductive Electroactive Polymer: Intelligent Polymer System*, Third Edition, Taylor and Francis Group, 2008. <https://doi.org/10.1201/9781420067156>
- [17] L.M. Yuningsih, D. Mulyadi, Y.M. Fauziah, Sintesis Komposit Polianilin-karbon aktif dari Tongkol jagung sebagai elektrolit padat pada baterai. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 4, 2, (2018) 119-123. <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.7390>
- [18] H. Hamdan, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*. UTM. Malaysia, 1998.
- [19] A. Olad, M. Khatamian, B. Naseri, Removal of Toxic Hexavalent Chromium by Polyaniline Modified Clinoptilolite Nanoparticles, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 8, 1, (2011) S141-S151. <https://doi.org/10.1007/BF03254291>
- [20] A. Wibowo, *Sintesis Dan Karakterisasi Polianilin Sebagai Material Aktif Dalam Plastik Solar Cell*, Tesis, Bandung: ITB, 2007.
- [21] S.R. Taffarel, J. Rubio, Removal of Mn²⁺ from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Zeolite, *Minerals Engineering*, 23, (2010) 1131-1138. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.07.007>
- [22] S. Sulastri, Nuryono, I. Kartini, E.S. Kunarti, Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium(III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Saintek*, 19, 2, (2014) 33-44. <https://doi.org/10.21831/jps.v19i2.3501>
- [23] S. Sriatun, D. Buntarto, A. Darmawan, Pengaruh Penambahan Surfaktan HexadecyltrimethylAmmonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11, 1, (2008) 11–14. <https://doi.org/10.14710/jksa.11.1.11-14>
- [24] T.C. Wang, *Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis*, Massachusetts Institute of Technology. 2002.
- [25] T. Chen, Z. Zhou, S. Xu, H. Wang, W. Lu, Adsorption Behavior Comparison of Trivalent and Hexavalent Chromium on Biochar Derived from Municipal Sludge, *Bioresource Technology*, 190, (2015) 388-394. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.115>
- [26] J. Basset, R.C. Denny, *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, P. B. K. Edisi ke-4, EGC, Jakarta, 1994.

**LAMPIRAN 6**

Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

[JKSA] Editor Decision - your submission is accepted**Dr. Yayuk Astuti** <yayuk.astuti@live.undip.ac.id>

Wed, Nov 13, 2019 at 2:49 PM

To: Sriatun Sriatun <sriatun@live.undip.ac.id>

Dear Sriatun Sriatun

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, "Zeolit alam termodifikasi polianilin (PANI) sebagai adsorben ion logam kromium (III)".

Our decision is to accept your submission. Congratulations

In accordance to the Journal policy, you are required to immediately pay the publication fee of Rp 700,000 (USD 50) by transfer to the following bank account:

Bank name: PT. BANK NEGARA INDONESIA (PERSERO) TBK

SWIFT Code: BNINIDJAUDS

Account number: 423759081

Account holder: Adi Darmawan

Bank Address: BNI Undip Branch, Semarang, Indonesia

Please send the proof of remittance by email to the editorial office of Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi (email: jksa@live.undip.ac.id).

JKSA waives the article processing charge for non-Indonesian author

After payment, in few days you will receipt email for the further process, i.e. copy-editing, layout and proofreading.

Also, please send us an existing Copyright transfer agreement that can be downloaded in the Copyright notice section. Please fill in handwriting and sign and then scan and email us (email: jksa@live.undip.ac.id).

Thank you for your valuable contribution to the journal.

Regards

Dr. Yayuk Astuti

Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang

yayuk.astuti@live.undip.ac.id

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>

LAMPIRAN 7

PROSES VIEW PROOF

Layout

Galley Format		File	
1.	PDF View Proof	25002-76705-1-PB.pdf	30-11-2019 168
Supplementary Files		File	
None			
Layout Comments No Comments			

Proofreading

Review Metadata			
	Request	Underway	Complete
1. Author	—	—	✉
2. Proofreader	—	—	—
3. Layout Editor	—	—	—
Proofreading Corrections No Comments		Proofing Instructions	

ICICS 2019 - Bogor, 6-7 August 2019



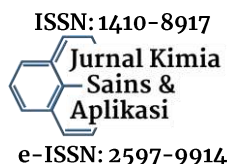
ICICS 2020 - Mataram, 11-13 August 2020



Journal Content

Search

Search Scope



Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion

Rina Nurianingsih^a, Sriatun^{a,*}, Adi Darmawan^a

^a Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang

* Corresponding author: sriatun@live.undip.ac.id

<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298>

Article Info

Article history:

Received: 18th August 2019
 Revised: 7th November 2019
 Accepted: 13th November 2019
 Online: 30th November 2019

Keywords:

natural zeolite;
 polyaniline; adsorbent;
 Cr(III)

Abstract

Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ and $[\text{AlO}_4]^{5-}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:\text{NH}_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore, it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF 1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that natural zeolite successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicated the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data showed that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions was zeolite-PANI 0.01M. The best pH was 4, the initial concentration of Cr(III) metal ions was 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48.13%.

1. Introduction

Natural zeolite is an aluminosilicate mineral with a three-dimensional structure, consisting of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ and $[\text{AlO}_4]^{5-}$ connected by oxygen atoms. Generally, negatively charged surfaces in natural zeolites balanced by cations of alkali or alkaline earth metal ions. Zeolites have an open three-dimensional skeletal structure, consisting of canals and cavities. Usually, alkali or alkaline earth metals and free moving water molecules [1]. Natural zeolite is one of the most commonly used inorganic materials for surface modification because it has a permanent negative charge in its crystal structure,

making it suitable for various types of modifications. The adsorption ability of natural zeolite needs to be improved as in zeolite structure; there are various kinds of balancing cations such as Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , and other metal ions which can cover the pores and cavities of natural zeolites. Activation with acid addition can dissolve the metal oxides and exchange the counter cation to H^+ .

One modification of zeolite carried out by adding cationic compounds to activated zeolites [2]. Polyaniline is a cationic polymer that is widely used to modify natural zeolites because polyaniline has a stable form and has

amine groups ($:NH_2$) and imines (NH^+) in the structure. The amine group ($:NH_2$) is a potent activator for these compounds due to the resonance and induction effects of the benzene ring. The release of electrons causes the N atom in the group to positively charged, and this is the part that has the potential to interact on negatively charged surfaces in zeolites [3]. Polyaniline (PANI) modified natural zeolite has been used to remove Cr(VI) in solution [4]. It found that modified zeolite by polyaniline through the polymerization process of anilinium cation. The adsorption capacity of Cr(VI) increased with increasing solution concentration. In the modification of composite nanocellulose (NCC) with polyaniline (PANI) as an adsorbent for Cr (III) and Cr (VI) ions. The results obtained indicated that PANI-NCC had an excellent performance for the adsorption of Cr (VI) and Cr (III) metals 97.89% and 94.12%, respectively [3]. It has been reported by Mir *et al.* [5] that the modification of zeolite nanostructures by PANI has also used in sensing carbon monoxide; heulandite/PANI was used to remove dyes that are acidic efficiently [6]. Recently Jevremović *et al.* [7] reported that BEA/polyaniline zeolites had a higher ability to adsorb nicosulfuron. Also, PANI @ Ni_2O_3 -modified zeolite was used as an electrode in the manufacture of hydrogen with photocatalytic water as raw material [8].

Modified natural zeolite with polyaniline (PANI) used as an absorbent of heavy metal ions as environmental pollution by heavy metals is the biggest problem, with sources of pollution arising from industrial activities. Many toxic metal ions which are very dangerous to animals and humans have been discharged into the environment as industrial waste, causing severe soil and water pollution [9, 10]. One of the dangerous metals found in the environment includes chromium metal. The Chromium(III) is a metal that is quite abundant and becomes a contaminant of various industrial processes [11], such as tanning leather, paint, metallurgy, and hydrocarbon processing. The Cr(III) ion is the most stable oxidation state compared to others, but if there is an oxidizer, then Cr(III) can be oxidized to Cr(VI). Therefore, in this study, the ability of natural zeolites that have modified with polyaniline (PANI) analyzed for the adsorption of Cr(III) metal ion is examined. The zeolite skeletal structure, which has a negative charge on the alumina section, causes electrostatic interactions with positively charged ions (cations), namely polyaniline (PANI). Therefore, it expected that the positively charged Cr(III) metal ion absorbed by the amine group ($:NH_2$), which turns into a negative charge due to deprotonation in the zeolite-Polyaniline framework. Based on the background, the purpose of this study is to obtain polyaniline modified zeolite (PANI) and determine the ability of adsorption of polyaniline modified zeolite (PANI) to Cr(III) ions based on variations in concentration and pH. A study of the pH effect of the Cr(III) solution is needed as the degree of acidity determines the species in the solution. According

to Wu *et al.* [12], in an aqueous solution at pH 2, there are 98% of the chromium species as free Cr^{3+} and 2% as $Cr(OH)^{2+}$. Increasing the pH decreases the Cr^{3+} species and escalates the hydroxide formation. Variation in concentration is needed to determine the ability/capacity of the adsorbents (PANI-modified zeolite) to adsorb.

2. Methodology

2.1. Materials and equipment

Materials: natural zeolite from Bayat, Klaten, Central Java, HF (E. Merck), aniline (E. Merck), HCl (E. Merck), ammonium peroxodisulfate (E. Merck), $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ (E. Merck), distilled water, double distilled water. Equipment: glassware, magnetic stirrer and stirrer bar, shaker (MAXQ 2000), petri dish, filter paper, pH indicator (MERCK), oven (BINDER), OHAUS analytical balance, furnace (VULCAN 3-130), FT-IR spectrometer (Shimadzu), XRF (EQUA), UV-Vis spectrometer (Perkin Elmer).

2.2. Zeolite preparation and activation

A number of natural zeolites were crushed and mashed and then sieved using a 100-mesh sieve, and then washed by distilled water. The residue obtained was heated in an oven at $110^\circ C$ for 4 hours. A total of 30 grams of zeolite were immersed in 600 mL of 1% HF solution for 10 minutes and stirred at room temperature. Following, zeolite filtered and washed with distilled water until a neutral pH was obtained. The solids resulting from filtration were dried in an oven at $110^\circ C$ for 4 hours.

2.3. Modification of natural zeolites

2.3.1. Preparation of Aniline-HCl salt

The aniline compound was reacted with 10 mL of concentrated HCl to form aniline-HCl salt which was then sufficiently dissolved in a volumetric flask.

2.3.2. Modification of natural zeolites with polyaniline (PANI)

A total of 0.645 grams of aniline salt and 0.806 grams of ammonium peroxodisulfate (APS) dissolved in 10 mL double distilled water, respectively. Afterward, 5 grams of zeolite was added by 20 mL of the prepared Aniline-HCl solution and stirred for 30 minutes. Then 50 mL of APS (ammonium peroxodisulfate) solution was added to the container under stirring conditions for 2 hours. Then, the mixture was stood for 3 hours, then filtered. Then the residue obtained was washed by a mixture of distilled water and ethanol in a ratio of 1: 4. The washed solids were dried in an oven at $60^\circ C$ for 5 hours. The aniline-HCl concentration was varied of 0.01 M, and 0.05 M. The polyaniline modified zeolites obtained were then characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

1.4. Chromium ion Adsorption

1.4.1. Variation in concentration

0.1 grams of polyaniline modified zeolite was mixed with 10 mL of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution with a concentration variation of 1000; 1500; 2000; 2500 ppm. The mixtures were shaken for 60 minutes, then filtered. The filtrates were analyzed using a UV-VIS spectrophotometer.

1.4.2. pH variations

A number of 0.1 grams of polyaniline modified zeolite was mixed with 10 mL of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with pH variations of pH 1; 2; 3; and 4 at the optimum concentration obtained. The mixtures were shaken for 60 minutes and then filtered. The filtrates were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer.

3. Results and Discussion

1.5. Activation of Natural Zeolites

The natural zeolite used in this study came from Bayat, Klaten, Central Java. The natural zeolite activation can be carried out in two ways, i.e., the physical activation and the chemical activation [13]. The zeolite activation can be physically carried out by grinding zeolites into smaller particles and then sieved with a size of 100 mesh. The scouring and sifting of zeolite are intended to reduce the zeolite size and at the same time, increase the zeolite surface area. Washing and evaporation in the oven at 110°C for 4 hours aimed to clean the zeolite from organic impurities that might cover the zeolite surface, which can interfere with the zeolite modification process. Washing zeolite used 1% HF was intended to open the zeolite pores and remove the oxide impurities (such as CaO , Fe_2O_3 , K_2O , and MgO). The metal oxide removal was needed to avoid interference with polyaniline or Cr(III) adsorption. As the natural zeolite is a naturally formed mineral so that the zeolite structure is balancing ions usually vary, including alkaline, alkaline earth, and transition metal group. The interaction between cations of Ca, Mg, and Fe with zeolite structure is reliable, so other these cations needed to be replaced and removed. The existence of these elements can be known from the results of XRF measurements, as shown in Table 1.

During the activation process, it was expected that the structure of the zeolite did not change; hence, the active group possessed by the zeolite became more active to interact with $(-\text{NH}_2^+)$, which was in polyaniline (PANI). The zeolites were dwelled for 10 minutes to maximize the activation process. Next, the zeolites were rinsed by distilled water until a neutral pH obtained. The zeolites obtained were referred to as activated zeolites. After that, the activated zeolites were heated in an oven at 110°C for 4 hours in order to remove water and solvents trapped in zeolite pores [14].

1.6. Modification of activated zeolite with polyaniline (PANI)

The nitrogen atom in the imine group contained in polyaniline can form $-\text{NH}_2^+$ so that it has the potential to interact with the zeolite surface, which has a negative charge. This modification was carried out with variations in concentrations of 0.01 and 0.05 M. It was expected that cation exchange occurred between the hydronium ion and the ammonium group. The change in color indicates a zeolite-PANI interaction. At the addition of 0.01 M aniline-HCl, the grayish-white color of active zeolite turned became a dark gray, while at the concentration of 0.05 M, the color became darker, as shown in Figure 1. These color changes indicate that the formation of polyaniline polymers has been successful.

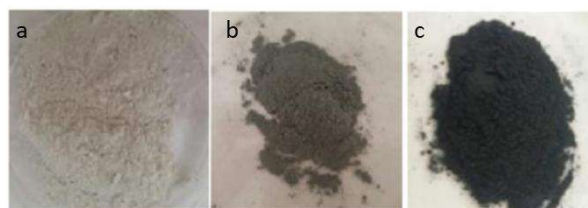
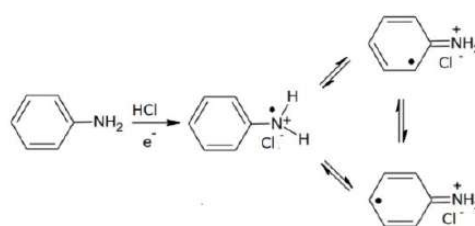


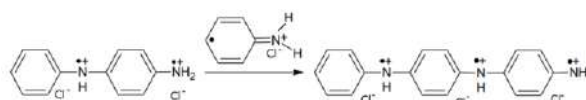
Figure 1. Color changes in (A) natural zeolite (B) 0.01-PANI zeolite (C) 0.05M zeolite-PANI

Polyaniline modified zeolite (zeolite-PANI) was obtained by adding aniline monomers ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) and HCl to the zeolite structure, then adding ammonium peroxodisulfate (APS) $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$. The polyaniline formation was the result of the polymerization of aniline with an HCl as an oxidizer. The polymerization began with the initiation step in the acid atmosphere, and this stage required high energy. APS was used as an initiator agent which has a higher oxidation potential than aniline [15]; hence, protons in acids could bind with amine groups to form Anil-HCl. According to Wallace *et al.* [16], the formation of polyaniline polymers from aniline is as follows:

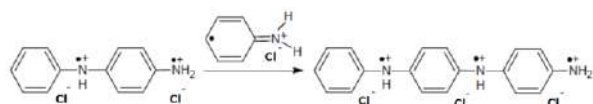
1. Initiation step



2. Coupling step



3. Propagation step



4. Termination step

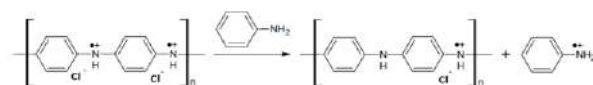


Figure 2 shows an illustration of the formation of Zeolite-PANI in which N atoms bound to the imine group of polyaniline can form -NH_2^+ . It predicted that interactions with the negative charge could occur on the surface of the zeolite.

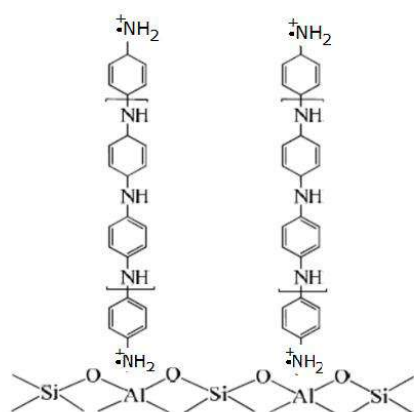


Figure 2. Illustration of zeolite-PANI formation

1.7. Effect of addition of PANI on the composition of zeolite components

In the activation process, the addition of 1% HF aimed to dissolve or remove other metals found inside the zeolite framework. The existence of these metals can be determined through elemental analysis using X-ray Fluorescence (XRF). The XRF measurement data listed in Table 1.

Table 1 shows that the activation process causes a decrease in the amount of metal, even though the metal does not completely disappear. Activated zeolite still contains calcium and iron ions. Strong interactions between zeolites and calcium and iron make removal of the counterweight cation not easy.

Table 1. Component on natural zeolites and zeolites-PANI

Components	Content (%)		
	Natural zeolite	Zeolite-PANI 0.01M	Zeolite-PANI 0.05M
SiO ₂	66.58	72.90	56.04
Al ₂ O ₃	10.75	9.90	7.75
CaO	8.10	5.90	5.12
Fe ₂ O ₃	5.37	4.35	3.99

K ₂ O	5.63	2.56	1.79
Cl	1.02	1.07	1.61
SO ₃	1.07	1.01	3.90
TiO ₂	1.00	0.84	0.89

Table 1 also indicates that the Si/Al ratios increase due to the modification of zeolite with polyaniline. The Si/Al ratio increases from 10.94 on natural zeolites to 13.546 for zeolite-PANI 0.01 M and to 12.77 on zeolite-PANI 0.05 M, respectively. Increasing the Si / Al ratio is expected to reduce the negative charge on the zeolite surface.

1.8. FTIR analysis results

Infrared spectra analysis (FTIR) is an important method to characterize the structure of the framework. The spectra of zeolite before and after modification by PANI were shown in Figure 3.

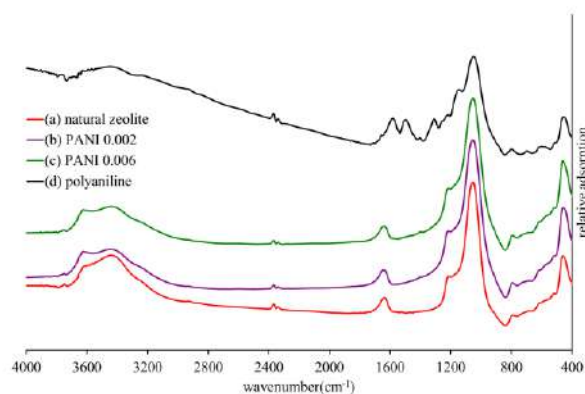


Figure 3. FTIR spectra of natural zeolite and zeolite-PANI

Figure 3 displays the FTIR spectra of zeolite. The zeolite framework structure was shown in the wavenumber region of 300–1300 cm^{-1} in which indicate the existence of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$ bonds. The wavenumber 420–500 cm^{-1} is the vibration of Si-O/Al-O (T-O) on the internal, while the wave number 700–780 cm^{-1} is the vibration of the Si-O/Al-O (T-O) on the external. The symmetrical range is shown at wavenumbers 650–850 cm^{-1} , and the asymmetric range is shown at wavenumbers 900–1250 cm^{-1} [17].

The comparison of the FTIR spectrum of polyaniline and PANI-modified zeolites explain the protonation of PANI. The wavelength of about 1335–1250 cm^{-1} demonstrates the presence of stretching C-N secondary aromatic amines. A strong bond in the C-N bond is considered to be a measure of the degree of electron delocalization in the PANI chain. It is thus a characteristic peak associated with the conductivity of the PANI because, in its structure, it has a conjugated yang bond, which causes electrons to move along the structure. The formation of a PANI polymer occurs through the interaction of -NH_2 groups and carbonium ions in phenyl to form a C-N bond. The absorption intensity at C-N increases with increasing PANI concentration in zeolites [3]. In addition, FTIR spectra show that Polyaniline

(PANI) can interact with activated zeolites through cation exchange. This is evidenced by the emergence of the peak of Polyaniline with a wavelength of around 116–1176.28 cm^{-1} , which is a C-H bending vibration and at a wavelength of about 1400–1500 cm^{-1} which is a C=C benzenoid vibration and 1500–1600 cm^{-1} which is the vibration of C=C quinoid [18].

Figure 3 also shows that variations in concentration affect the position, shape, and peak absorption of zeolite-PANI. The higher the concentration of polyaniline added to zeolite, the more it shows the spectral shape, which is close to the polyaniline spectra. The interaction between zeolite and polyaniline is likely a physical interaction. This is characterized by the non-generation of new groups that characterize the bond between zeolite and polyaniline, but only show the combination of functional groups of zeolite and polyaniline.

To find out the change in intensity, it is necessary to have a quantitative analysis. The analysis was conducted using a Fityx application where FTIR spectra were derived into the constituent peaks with a Gaussian approach. Previously, FTIR spectra were normalized, and the derivation curve was compared by equalizing the Half-width at half maximum (HWHM) of each derivation peak. Then, the derivative peaks were compared with the peak of Si-O-Si. The peak deconvolution results obtained were available to obtain information about almost imperceptible differences (vibrations in overlapping regions) in the modification process by measuring the absorption intensity that is related to the type of chemical group to be measured. The calculation results are in Table 2.

Table 2. The results of calculating the C-H/Si-O ratio

Sample	The absorption intensity of the function group		The ratio of C-H/Si-O
	Si-O (1050 cm^{-1})	C-H (1162 cm^{-1})	
Natural zeolite	22564	267.66	1.1862
Zeolite-PANI 0.01	23536.9	896.84	3.8103
Zeolite-PANI 0.05	24059.1	1404.29	5.8369

The deconvolution results show that the addition of polyaniline increases the CH / Si-O-Si ratio, which is in accordance with the prediction that the addition of polyaniline increases the carbon content in zeolite-PANI.

1.9. Application of Zeolite-PANI as chromium(III) metal ion adsorbent

Polyaniline (PANI) modified natural zeolite adsorption capability on Cr(III) metal ions was carried out at initial concentration variations of 1000, 1500, 2000, and 2500 ppm as well as variations in system pH 1,2,3 and 4. The concentration of Cr(III) ions after adsorption was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at a

maximum wavelength of 420 nm. The graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorbed efficiency in three samples of zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite can be seen in Figure 4, while the graph of the relationship between system pH and adsorption efficiency of metal ions adsorbed contained in Figure 5.

In Figure 4, it observed that the adsorption capacity of Cr(III) metal ions by activated zeolites and zeolites-PANI decreases with increasing concentration of a metal solution. These conditions indicate that the active sites of natural zeolite and zeolite-PANI adsorbents at high concentrations have saturated by these Cr(III) metal ions. Hence the adsorption capacity tends to decrease at high concentrations. The adsorption process through electrostatic interaction between the positive charge contained in Cr(III) and the negative charge of polyaniline deprotonated to $(-\text{NH}_2^+)$, so that interaction can occur because zeolites and polyanilines have formed a bilayer on the outer surface of zeolite above the surface [19].

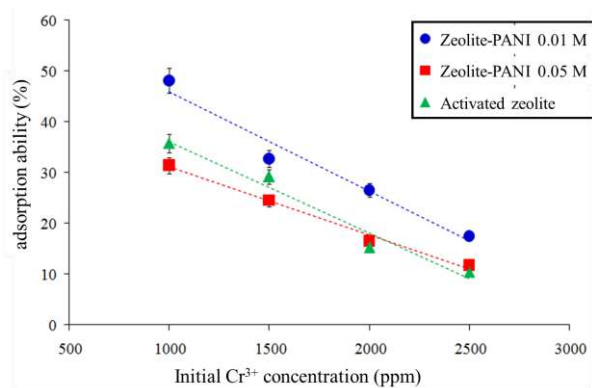


Figure 4. Graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorption efficiency in zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M, and natural zeolites

The attraction between these charges causes lower concentrations of Cr(III) metal ions to make the ability to adsorb between molecules more easily because they only require less energy. In addition, the efficiency of adsorbed Cr(III) is not too high <50%, due to the charge that exists along the PANI polyelectrolyte chain which is bound to the active center of the zeolite causing a repulsive force between the charge contained in the PANI which is fully charged so that the Cr(III) metal ion, it is difficult to enter the zeolite-PANI group.

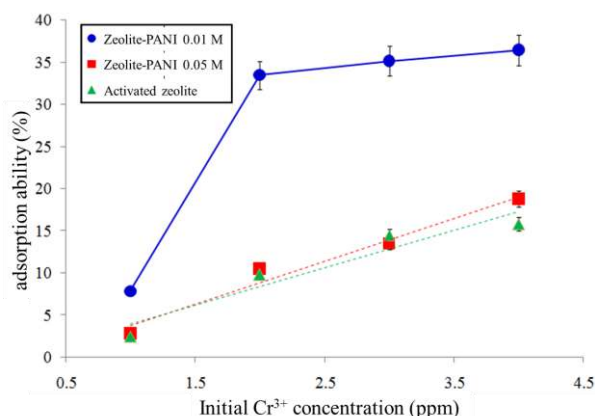


Figure 5. Graph of the relationship between pH and % adsorption efficiency Cr(III) by zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite

The pH conditioning was carried out on the Cr(III) solution before it has interacted with zeolite. The choice of pH 1–4 in the adsorption process was due to chromium being in the form of free Cr(III) or Cr^{3+} at pH 1–2, at the higher pH, the concentration of Cr^{3+} begins to decrease, and $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ starts to appear. If the pH was higher, it was possible that adsorption could interfere with the deposition of $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Sulastrı *et al.* [20] showed that in a solution with a low pH, the Cr(III) ion dissolved, and experienced turbidity in a solution with a pH of 5.

To get optimum pH conditions, the concentration of Cr(III) metal ion 1000 ppm was used because this concentration was absorbed most by activated zeolite and zeolite-PANI. Based on Figure 5, the highest adsorption efficiency of Cr(III) metal ions by activated zeolite and zeolite-PANI was at pH 4. At pH 1–4, the adsorption efficiency increases as at high pH, the zeolite-PANI deprotonated to form a negative charge surface ($:\text{NH}_2^-$) and able to absorb Cr(III) cationic through electrostatic interactions. The increase in pH also causes the amount of $-\text{NH}_2$ in zeolite-PANI to form more; hence, the bonds that occurred between Cr(III) ions and the active group of nitrogen atoms also increased. The adsorption result at pH 1 shows that adsorbed efficiency is much smaller compared to other pH levels. This is because, in conditions that are too acidic, pH may damage the structure of zeolites. Damage to the structure can occur because the Al metal in the zeolite is separated from the structure in the framework [21], resulting in a negative charge on the zeolite decreases, which makes the absorption power to absorb Cr(III) metal ions decreases [22]. Besides, there is the possibility of competition between H^+ and Cr(III) metal ions to be adsorbed by zeolites.

At an alkaline pH caused the solution of Cr(III) to settle. This is because the Cr(III) ion has a K_{sp} value of around 3.752×10^{-3} , so based on the calculation of the Cr(III) ion, it will settle to a pH > 5.29 [23]. At the time of basic conditioning, ammonia solution is added to the pH showing > 5.29, and deposition occurs like gelatin, which

is gray-green to blue-gray, namely chromium(III) hydroxide [24].

4. Conclusions

It is concluded that the natural zeolite had been successfully modified by PANI, which was characterized by the presence of polyaniline groups at wavenumbers $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} in the FTIR spectra. The ability of adsorbent adsorbents in the form of the best adsorption efficiency of Cr(III) metal ions was 0.01 M zeolite-PANI at pH of 4 and at an initial concentration of 1000 ppm which was in the value of 48.13%.

References

- [1] Balwinder Kaur and Rajendra Srivastava, Simultaneous determination of epinephrine, paracetamol, and folic acid using transition metal ion-exchanged polyaniline-zeolite organic-inorganic hybrid materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476–488 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081>
- [2] Anis Komariah, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13–18 <https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18>
- [3] Priyanka Jain, Shilpa Varshney and Shalini Srivastava, Site-specific functionalization for chemical speciation of Cr(III) and Cr(VI) using polyaniline impregnated nanocellulose composite: equilibrium, kinetic, and thermodynamic modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827–1839 <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1>
- [4] Abdulsalam A. Shyaa, Omar A. Hasan and Ahmed M. Abbas, Synthesis and characterization of polyaniline/zeolite nanocomposite for the removal of chromium(VI) from aqueous solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101–107 <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001>
- [5] Muzzaffar Ahmad Mir, Muzzaffar Ahmad Bhat, Sheikh Abdul Majid, Shabir H. Lone, Manzoor Ahmad Malla, Kautily Rao Tiwari, Ashiq Hussain Pandit, Radha Tomar and Rayees Ahmad Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137–1146 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027>
- [6] Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Rabia, Mohamed Shaban and Francis Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501–2511 <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030>
- [7] Anka Jevremović, Patrycja Bober, Matej Mičušík, Jaroslav Kuliček, Udit Acharya, Jiří Pflieger, Maja Milojević-Rakić, Danina Krajišnik, Miroslava Trchová, Jaroslav Stejskal and Gordana Čirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their

- application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234–245
<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006>
- [8] Mohamed Adel Sayed, Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Abdel Salam, Sobhy M. Yakout, Ahmed A. Abdeltawab and Ibrahim M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943>
- [9] Afshin Maleki, Bagher Hayati, Maryam Naghizadeh and Sang W. Joo, Adsorption of hexavalent chromium by metal organic frameworks from aqueous solution, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, (2015) 211–216
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.02.016>
- [10] Rania E. Morsi, E. A. Khamis and A. M. Al-Sabagh, Polyaniline nanotubes: Facile synthesis, electrochemical, quantum chemical characteristics and corrosion inhibition efficiency, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, (2016) 573–581
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.028>
- [11] Nomcebo H. Mthombeni, Maurice S. Onyango and Ochieng Aoyi, Adsorption of hexavalent chromium onto magnetic natural zeolite-polymer composite, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, (2015) 242–251
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.037>
- [12] Deyi Wu, Yanming Sui, Shengbing He, Xinze Wang, Chunjie Li and Hainan Kong, Removal of trivalent chromium from aqueous solution by zeolite synthesized from coal fly ash, *Journal of Hazardous Materials*, 155, 3, (2008) 415–423
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.082>
- [13] Dewi Yuanita Lestari, Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara, Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010, Yogyakarta, (2010).
- [14] Sofian Ansori, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19, 2, (2016) 68–71
<https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.68-71>
- [15] Iman Rahayu, Annisa Wijayati and Sahrul Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2, 1, (2015) 74–79
<https://doi.org/10.15408/jkv.voio.3143>
- [16] Gordon G. Wallace, Peter R. Teasdale, Geoffrey M. Spinks and Leon A.P. Kane-Maguire, *Conductive Electroactive Polymers: Intelligent Materials Systems*, Second Edition, CRC Press, 2002.
- [17] Halimatun Hamdan, *Introduction To Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, 1992.
- [18] A. Olad, M. Khatamian and B. Naseri, Removal of toxic hexavalent chromium by polyaniline modified clinoptilolite nanoparticles, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 8, 1, (2011) S141–S151
<https://doi.org/10.1007/BF03254291>
- [19] Silvio R. Taffarel and Jorge Rubio, Removal of Mn²⁺ from aqueous solution by manganese oxide coated zeolite, *Minerals Engineering*, 23, 14, (2010) 1131–1138
<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.07.007>
- [20] Siti Sulastri, Indriana Kartini Nuryono and Eko Sri Kunarti, Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Saintek*, 19, 2, (2014) 33–44
- [21] Sriatun Sriatun, Dimas Buntarto and Adi Darmawan, Pengaruh Penambahan Surfaktan Hexadecyltrimethyl-Ammonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11, 1, (2008) 11–14
<https://doi.org/10.14710/jksa.11.1.11-14>
- [22] Tom Chih-Hung Wang, Polyelectrolyte multilayers as nanostructured templates for inorganic synthesis, *Massachusetts Institute of Technology*,
- [23] Tan Chen, Zeyu Zhou, Sai Xu, Hongtao Wang and Wenjing Lu, Adsorption behavior comparison of trivalent and hexavalent chromium on biochar derived from municipal sludge, *Bioresource Technology*, 190, (2015) 388–394
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.115>
- [24] G. Svehla, *Vogel's Qualitative Inorganic Analysis*, Pearson Education, 2008.

Issue Coverage

LAMPIRAN 8

Published:

30-11-2019

Number of Articles:
(including Editorial)

Table of Content

15

Number of Authors:

55

Total 1 Author's Country

☐	Indonesia	(55)
--------------------------	-----------	------

Total 11 Author's Affiliations

☐	Andalas University	(3)
☐	Diponegoro University	(15)
☐	Halu Oleo University	(4)
☐	Indonesian Institute of Sciences	(8)
☐	Lambung Mangkurat University	(9)
☐	Pakuan University	(2)
☐	Satya Wacana Christian University	(3)
☐	Syarif Hidayatullah State Islamic University	(4)
☐	Udayana University	(3)
☐	Universitas Padjadjaran	(3)
☐	Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta	(1)

Accreditation



(<http://sinta.ristekbrin.go.id/journals/detail?id=3652>)

Currently, JKSA has Sinta-2 accreditation based on Ministry of Research, Technology and Higher Education Decree **No:3/E/KPT/2019**
(<https://drive.google.com/file/d/1d1lBJgzWISn4NgzJu9r-M22WNk2xTnHj/view?usp=sharing>).



Journal Profile

Last update: 26th October 2020

Number of documents: 493

Number of citations: 779

Google Scholar's IF: $779/493 = 1.580$

h-Index: 10, i10-Index: 13

Google Scholar URL: [Click here \(https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=fzjW0kgAAAAJ\)](https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=fzjW0kgAAAAJ).

Cited in Scopus indexed papers: 90 citations [here](https://www.scopus.com/results/results.uri?cc=10&sort=cp-f&src=dm&st1=Jurnal+Kimia+Sains+dan+Aplikasi&st2=J+Kim+Sains+Apl&nlo=&nlr=&nls=&sid=e14ccf10f495d7f8b4bb87fd4b2fb105&sot=b&sdt=b&sl=62&s=%28REF&ps=r-f&editSaveSearch=&origin=resultslst&zone=resultslst) (<https://www.scopus.com/results/results.uri?cc=10&sort=cp-f&src=dm&st1=Jurnal+Kimia+Sains+dan+Aplikasi&st2=J+Kim+Sains+Apl&nlo=&nlr=&nls=&sid=e14ccf10f495d7f8b4bb87fd4b2fb105&sot=b&sdt=b&sl=62&s=%28REF&ps=r-f&editSaveSearch=&origin=resultslst&zone=resultslst>).

Conference Partner

ICICS 2019 - Bogor, 6-7 August 2019



(<http://icics2019.ipb.ac.id/>).



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/issue/view/2695/showToc>)

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

ISSN 1410-8917 and e-ISSN 2597-9914

Volume 22 Issue 6 Year 2019

November 2019

Table of Contents

Research Articles



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24019>)

Utilization of Rice Husk Cellulose as a Magnetic Nanoparticle Biocomposite Fiber Source for the Absorption of Manganese (Mn²⁺) Ions in Peat Water
(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24019>)

Emil Zacky Effendi, Yudhi Christian Hariady, Muhammad Daffa Salaahuddin, Chairul Irawan, Iryanti Fatyasari Nata

Views: **369 (#)**



([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.220-226?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.220-226?domain=https://ejournal.undip.ac.id)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.220-226**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.220-226>)

Received: 3 Jul 2019; Revised: 17 Sep 2019; Accepted: 1 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24167>)

Preparation and Validation of Fe₂O₃ Modified Carbon Paste Electrode for Measurement of Dopamine by Voltammetry Method
(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24167>)

Irdhawati Irdhawati, Manuntun Manurung, Ni Ketut Yuni Sri Lestari

Views: **298 (#)**



([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.227-234?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.227-234?domain=https://ejournal.undip.ac.id)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.227-234**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.227-234>)

Received: 10 Jul 2019; Revised: 17 Sep 2019; Accepted: 11 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24757>)

Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Methanol Extract from Kasturi Mango Fruit (Mangifera casturi) on Caries-Causing Bacterium Streptococcus mutans
(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24757>)

Usep Suhendar, Muhammad Fathurrahman, Sogandi Sogandi

Views: **449 (#)**



([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.235-241?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.235-241?domain=https://ejournal.undip.ac.id)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.235-241**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.235-241>)

Received: 2 Aug 2019; Revised: 11 Oct 2019; Accepted: 16 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24829>)

Effect of Sodium Periodate on the Adsorption Capacity of Silica-Lignin from Rice Husk on Chromium(VI)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24829>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index>)

Yati B. Yuliyati, Solihudin Solihudin, Atiek Rostika
Noviyanti

Views: **318** (#)

Citations { 1 }

([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.242-249?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.242-249?domain=https://ejournal.undip.ac.id)

domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN** (#) | DOI: **10.14710/jksa.22.6.242-249**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.242-249>)

Received: 6 Aug 2019; Revised: 15 Oct 2019; Accepted: 17 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24334>)

Green synthesis of Ag/TiO₂ Nanocomposite Assisted by Gambier Leaf (Uncaria gambir Roxb) Extract

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24334>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index>)

Sry Wahyuni, Syukri Syukri, Syukri Arief

Views: **292** (#)

Citations { 1 }

([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.250-255?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.250-255?domain=https://ejournal.undip.ac.id)

domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN** (#) | DOI: **10.14710/jksa.22.6.250-255**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.250-255>)

Received: 18 Jul 2019; Revised: 21 Oct 2019; Accepted: 22 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24564>)

The Effect of Cu Ohmic Contact on Photoelectrochemical Property of S-CuO Thin Film Photocathodes

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24564>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index>)

Aziz Amrullah, Gunawan Gunawan, Nor Basid Adiwibawa
Prasetya

Views: **337** (#)

Citations { 0 }

([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.256-262?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.256-262?domain=https://ejournal.undip.ac.id)

domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN** (#) | DOI: **10.14710/jksa.22.6.256-262**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.256-262>)

Received: 26 Jul 2019; Revised: 23 Oct 2019; Accepted: 25 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/22197>)

Potential Adsorption of Heavy Metal Ions by Eugenol Compounds and Derivatives through Ion Imprinted Polymer

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/22197>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index>)

Muhammad Cholid Djunaidi, Khabibi Khabibi

Views: **281** (#)

Citations { 1 }

([https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.263-268?](https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.263-268?domain=https://ejournal.undip.ac.id)

domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN** (#) | DOI: **10.14710/jksa.22.6.263-268**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.263-268>)

Received: 27 Feb 2019; Revised: 2 Oct 2019; Accepted: 21 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.

Antibacterial Activity and Chemical Composition of Red Peacock Flower (*Caesalpinia pulcherrima* L.) Leaf Essential Oil

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24885>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24885>)

Novena Risnalani Rintank Constani, Hartati Soetjipto, Sri Hartini

Views: **482 (#)**

Citations { 0 }

(<https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.269-274>)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.269-274**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.269-274>)

Received: 9 Aug 2019; Revised: 1 Oct 2019; Accepted: 4 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24931>)

The potential of Endophytic Fungal Extract Isolated from Cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) as Antidiabetic and Antioxidant

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24931>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24931>)

Eris Septiana, Fauzy Rachman, Yatri Hapsari, Yadi Yadi, Bustanussalam Bustanussalam, Siti Irma Rahmawati, Fauzia Nurul izzati, Partomuan Simanjuntak

Views: **698 (#)**

Citations { 1 }

(<https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.275-282>)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.275-282**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.275-282>)

Received: 13 Aug 2019; Revised: 9 Oct 2019; Accepted: 16 Oct 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24659>)

Use of Microwave Radiation for Activating Carbon from Rice Husk Using ZnCl₂ Activator

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24659>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/24659>)

Arnelli Arnelli, Ulya Hanifah Henrika Putri, Fandi Nasrun Cholis, Yayuk Astuti

Views: **320 (#)**

Citations { 0 }

(<https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.283-291>)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.283-291**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.283-291>)

Received: 29 Jul 2019; Revised: 4 Nov 2019; Accepted: 9 Nov 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/25002>)

Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/25002>)

(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/25002>)

Rina Nurianingsih, Sriatun Sriatun, Adi Darmawan

Views: **251 (#)**

Citations { 0 }

(<https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.292-298>)
domain=<https://ejournal.undip.ac.id>)

| Language: **EN (#)** | DOI: **10.14710/jksa.22.6.292-298**

(<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298>)

Received: 18 Aug 2019; Revised: 7 Nov 2019; Accepted: 13 Nov 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.

Home (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/index>) > Vol 22, No 6 (2019) (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/issue/view/2695>) > Nurianingsih (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/25002/0>)

Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion

Rina Nurianingsih (<https://scholar.google.com/scholar?q=Rina+Nurianingsih>) - Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Indonesia

***Sriatun Sriatun** (<https://scholar.google.com/scholar?q=Sriatun+Sriatun>)  (<http://orcid.org/0000-0001-5589-2956>)  (<http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190872093>) - Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Indonesia  ([javascript:openRTWindow\('https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/rt/emailAuthor/25002/0'\);](mailto:javascript:openRTWindow('https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/rt/emailAuthor/25002/0');)).

Adi Darmawan (<https://scholar.google.com/scholar?q=Adi+Darmawan>)  (<http://orcid.org/0000-0001-5744-5789>)  (<http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55953897600>) - Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Indonesia

Received: 18 Aug 2019; Revised: 7 Nov 2019; Accepted: 13 Nov 2019; Published: 30 Nov 2019; Available online: 30 Nov 2019.



DOI: <https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298> (<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298>)

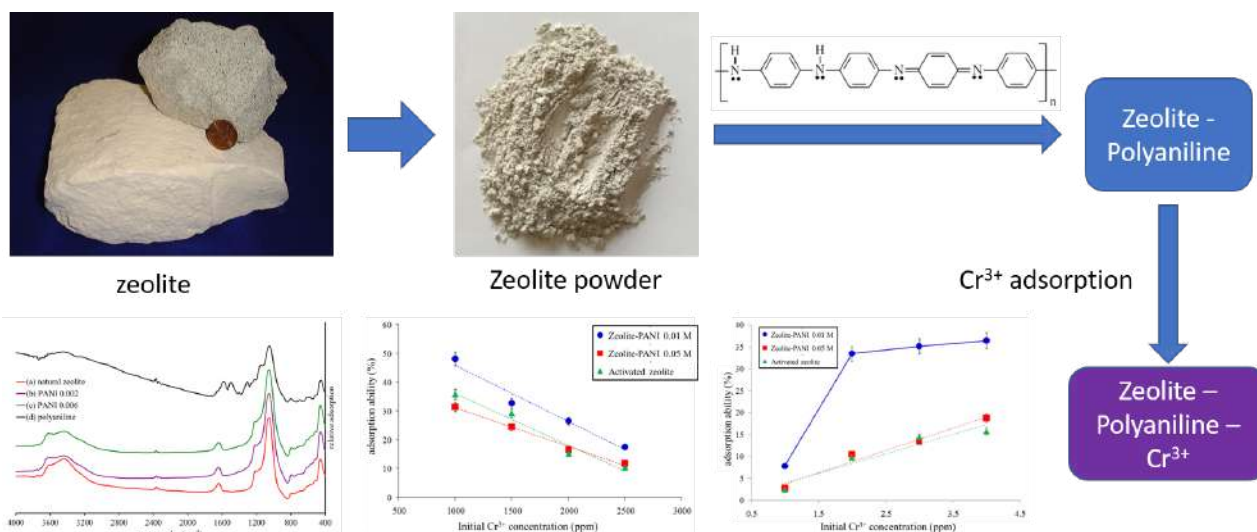
View  Fulltext (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/view/25002/16153>)

 (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>) Copyright 2019 Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

License URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0> (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite (IEEE): R. Nurianingsih, S. Sriatun, and A. Darmawan, "Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 22, no. 6, pp. 292-298, Nov. 2019. <https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298> (<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298>).

Citation Format: Download Citation



Article Info

Section: Research Articles

Language: EN (#)

In Vol 22, No 6 (2019): Volume 22 Issue 6 Year 2019 (<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/issue/view/2695>)

Statistics:  251 (#)  168 (#)

 Tell your colleagues (javascript:openRTWindow('https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/rt/emailColleague/25002/0'))

 Fulltext download (https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa/article/download/25002/16153)



(javascript:document.getElementsByTagName('body').

[0].appendChild(document.createElement('script')).setAttribute('src','https://www.mendeley.com/minified/bookmarklet.js'));

(javascript:document.getElementsByTagName('body').



[0].appendChild(document.createElement('script')).setAttribute('src','https://www.zotero.org/bookmarklet/loader.js'))

Abstract

Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:\text{NH}_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore, it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF 1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that natural zeolite successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicated the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data showed that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions was zeolite-PANI 0.01M. The best pH was 4, the initial concentration of Cr(III) metal ions was 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48.13%.

Keywords: natural zeolite; polyaniline; adsorbent; Cr(III)

Article Metrics:  0 (https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.14710/jksa.22.6.292-298?domain=https://ejournal.undip.ac.id)

(https://plu.mx/a/?doi=10.14710/jksa.22.6.292-298)

References (#tab-references)

Citing articles (#tab-citations)

Copyright (#tab-copyright)

Metadata (#tab-metadata)

Metrics (#tab-metrics)

- Balwinder Kaur and Rajendra Srivastava, Simultaneous determination of epinephrine, paracetamol, and folic acid using transition metal ion-exchanged polyaniline-zeolite organic-inorganic hybrid materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476-488 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081> (https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081)
- Anis Komariah, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13-18 <https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18> (https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18)
- Priyanka Jain, Shilpa Varshney and Shalini Srivastava, Site-specific functionalization for chemical speciation of Cr(III) and Cr(VI) using polyaniline impregnated nanocellulose composite: equilibrium, kinetic, and thermodynamic modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827-1839 <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1> (https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1)
- Abdulsalam A. Shyaa, Omar A. Hasan and Ahmed M. Abbas, Synthesis and characterization of polyaniline/zeolite nanocomposite for the removal of chromium(VI) from aqueous solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101-107 <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001> (https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001)
- Muzzaffar Ahmad Mir, Muzzaffar Ahmad Bhat, Sheikh Abdul Majid, Shabir H. Lone, Manzoor Ahmad Malla, Kautily Rao Tiwari, Ashiq Hussain Pandit, Radha Tomar and Rayees Ahmad Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137-1146 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027> (https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027)
- Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Rabia, Mohamed Shaban and Francis Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501-2511 <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030> (https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030)
- Anka Jevremović, Patrycja Bober, Matej Mičušík, Jaroslav Kuliček, Udit Acharya, Jiří Pflieger, Maja Milojević-Rakić, Danina Krajišnik, Miroslava Trchová, Jaroslav Stejskal and Gordana Čirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234-245 <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006> (https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006)
- Mohamed Adel Sayed, Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Abdel Salam, Sobhy M. Yakout, Ahmed A. Abdeltawab and Ibrahim M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943> (https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943)

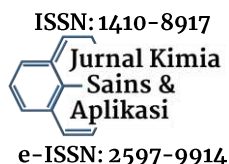
- Visitor: 131661 (<http://statcounter.com/p11625216/?quest=1>) View My Stats (<http://statcounter.com/p11625216/?quest=1>)



DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

 Crossref¹findr

3/4



Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 22 (6) (2019): 292–298

Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi

Journal of Scientific and Applied Chemistry

Journal homepage: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>



Polyaniline Modified Natural Zeolite as Adsorbent for Chromium(III) Metal Ion

Rina Nurianingsih^a, Sriatun^{a,*}, Adi Darmawan^a

^a Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang

* Corresponding author: sriatun@live.undip.ac.id

<https://doi.org/10.14710/jksa.22.6.292-298>

Article Info

Article history:

Received: 18th August 2019
Revised: 7th November 2019
Accepted: 13th November 2019
Online: 30th November 2019

Keywords:

natural zeolite;
polyaniline; adsorbent;
Cr(III)

Abstract

Zeolite is an inorganic material whose surface has a permanent negative charge in its crystal structure. This material consists of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ and $[\text{AlO}_4]^{5-}$, which are connected by oxygen atoms in such a way as to form an open three-dimensional framework containing canals and cavities, as well as alkali or alkali metals for balancing the negative charge. This structure makes zeolites have the ability to adsorb. The ability of natural zeolite adsorption can improve by modifying the surface by adding polyaniline cationic compounds (PANI), which have an amine group ($:\text{NH}_2$). Moreover, environmental pollution by metals is the biggest problem in daily life, one of which is the metal ion Cr(III), which is a waste from industrial processes. Therefore, it is necessary to have an effort to reduce waste. This study aims to determine the effect of the addition of polyaniline on the adsorption ability of natural zeolites to metal ions Cr(III). The research was carried out in several stages, namely activation of natural zeolite using HF 1%, modification with polymer from aniline monomers, and ammonium peroxodisulphate (APS), and testing the ability of adsorption on Cr(III) metal ions. The study on the ability to adsorb Cr(III) metal ions by PANI-modified zeolites was carried out on variations in the concentration of Cr(III) metal ions and the system pH. The results showed that natural zeolite successfully modified with PANI. The FTIR absorption band at wavenumber $1303\text{--}1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} indicated the presence of NH functional groups. Meanwhile, adsorption capability test data showed that the best adsorbent for adsorption of Cr(III) metal ions was zeolite-PANI 0.01M. The best pH was 4, the initial concentration of Cr(III) metal ions was 1000 ppm, and the percentage of absorption is 48.13%.

1. Introduction

Natural zeolite is an aluminosilicate mineral with a three-dimensional structure, consisting of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ and $[\text{AlO}_4]^{5-}$ connected by oxygen atoms. Generally, negatively charged surfaces in natural zeolites balanced by cations of alkali or alkaline earth metal ions. Zeolites have an open three-dimensional skeletal structure, consisting of canals and cavities. Usually, alkali or alkaline earth metals and free moving water molecules [1]. Natural zeolite is one of the most commonly used inorganic materials for surface modification because it has a permanent negative charge in its crystal structure,

making it suitable for various types of modifications. The adsorption ability of natural zeolite needs to be improved as in zeolite structure; there are various kinds of balancing cations such as Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , and other metal ions which can cover the pores and cavities of natural zeolites. Activation with acid addition can dissolve the metal oxides and exchange the counter cation to H^+ .

One modification of zeolite carried out by adding cationic compounds to activated zeolites [2]. Polyaniline is a cationic polymer that is widely used to modify natural zeolites because polyaniline has a stable form and has

amine groups ($:NH_2$) and imines (NH^+) in the structure. The amine group ($:NH_2$) is a potent activator for these compounds due to the resonance and induction effects of the benzene ring. The release of electrons causes the N atom in the group to positively charged, and this is the part that has the potential to interact on negatively charged surfaces in zeolites [3]. Polyaniline (PANI) modified natural zeolite has been used to remove Cr(VI) in solution [4]. It found that modified zeolite by polyaniline through the polymerization process of anilinium cation. The adsorption capacity of Cr(VI) increased with increasing solution concentration. In the modification of composite nanocellulose (NCC) with polyaniline (PANI) as an adsorbent for Cr (III) and Cr (VI) ions. The results obtained indicated that PANI-NCC had an excellent performance for the adsorption of Cr (VI) and Cr (III) metals 97.89% and 94.12%, respectively [3]. It has been reported by Mir *et al.* [5] that the modification of zeolite nanostructures by PANI has also used in sensing carbon monoxide; heulandite/PANI was used to remove dyes that are acidic efficiently [6]. Recently Jevremović *et al.* [7] reported that BEA/polyaniline zeolites had a higher ability to adsorb nicosulfuron. Also, PANI @ Ni_2O_3 -modified zeolite was used as an electrode in the manufacture of hydrogen with photocatalytic water as raw material [8].

Modified natural zeolite with polyaniline (PANI) used as an absorbent of heavy metal ions as environmental pollution by heavy metals is the biggest problem, with sources of pollution arising from industrial activities. Many toxic metal ions which are very dangerous to animals and humans have been discharged into the environment as industrial waste, causing severe soil and water pollution [9, 10]. One of the dangerous metals found in the environment includes chromium metal. The Chromium(III) is a metal that is quite abundant and becomes a contaminant of various industrial processes [11], such as tanning leather, paint, metallurgy, and hydrocarbon processing. The Cr(III) ion is the most stable oxidation state compared to others, but if there is an oxidizer, then Cr(III) can be oxidized to Cr(VI). Therefore, in this study, the ability of natural zeolites that have modified with polyaniline (PANI) analyzed for the adsorption of Cr(III) metal ion is examined. The zeolite skeletal structure, which has a negative charge on the alumina section, causes electrostatic interactions with positively charged ions (cations), namely polyaniline (PANI). Therefore, it expected that the positively charged Cr(III) metal ion absorbed by the amine group ($:NH_2$), which turns into a negative charge due to deprotonation in the zeolite-Polyaniline framework. Based on the background, the purpose of this study is to obtain polyaniline modified zeolite (PANI) and determine the ability of adsorption of polyaniline modified zeolite (PANI) to Cr(III) ions based on variations in concentration and pH. A study of the pH effect of the Cr(III) solution is needed as the degree of acidity determines the species in the solution. According

to Wu *et al.* [12], in an aqueous solution at pH 2, there are 98% of the chromium species as free Cr^{3+} and 2% as $Cr(OH)^{2+}$. Increasing the pH decreases the Cr^{3+} species and escalates the hydroxide formation. Variation in concentration is needed to determine the ability/capacity of the adsorbents (PANI-modified zeolite) to adsorb.

2. Methodology

2.1. Materials and equipment

Materials: natural zeolite from Bayat, Klaten, Central Java, HF (E. Merck), aniline (E. Merck), HCl (E. Merck), ammonium peroxodisulfate (E. Merck), $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ (E. Merck), distilled water, double distilled water. Equipment: glassware, magnetic stirrer and stirrer bar, shaker (MAXQ 2000), petri dish, filter paper, pH indicator (MERCK), oven (BINDER), OHAUS analytical balance, furnace (VULCAN 3-130), FT-IR spectrometer (Shimadzu), XRF (EQUA), UV-Vis spectrometer (Perkin Elmer).

2.2. Zeolite preparation and activation

A number of natural zeolites were crushed and mashed and then sieved using a 100-mesh sieve, and then washed by distilled water. The residue obtained was heated in an oven at $110^\circ C$ for 4 hours. A total of 30 grams of zeolite were immersed in 600 mL of 1% HF solution for 10 minutes and stirred at room temperature. Following, zeolite filtered and washed with distilled water until a neutral pH was obtained. The solids resulting from filtration were dried in an oven at $110^\circ C$ for 4 hours.

2.3. Modification of natural zeolites

2.3.1. Preparation of Aniline-HCl salt

The aniline compound was reacted with 10 mL of concentrated HCl to form aniline-HCl salt which was then sufficiently dissolved in a volumetric flask.

2.3.2. Modification of natural zeolites with polyaniline (PANI)

A total of 0.645 grams of aniline salt and 0.806 grams of ammonium peroxodisulfate (APS) dissolved in 10 mL double distilled water, respectively. Afterward, 5 grams of zeolite was added by 20 mL of the prepared Aniline-HCl solution and stirred for 30 minutes. Then 50 mL of APS (ammonium peroxodisulfate) solution was added to the container under stirring conditions for 2 hours. Then, the mixture was stood for 3 hours, then filtered. Then the residue obtained was washed by a mixture of distilled water and ethanol in a ratio of 1: 4. The washed solids were dried in an oven at $60^\circ C$ for 5 hours. The aniline-HCl concentration was varied of 0.01 M, and 0.05 M. The polyaniline modified zeolites obtained were then characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

1.4. Chromium ion Adsorption

1.4.1. Variation in concentration

0.1 grams of polyaniline modified zeolite was mixed with 10 mL of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution with a concentration variation of 1000; 1500; 2000; 2500 ppm. The mixtures were shaken for 60 minutes, then filtered. The filtrates were analyzed using a UV-VIS spectrophotometer.

1.4.2. pH variations

A number of 0.1 grams of polyaniline modified zeolite was mixed with 10 mL of $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with pH variations of pH 1; 2; 3; and 4 at the optimum concentration obtained. The mixtures were shaken for 60 minutes and then filtered. The filtrates were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer.

3. Results and Discussion

1.5. Activation of Natural Zeolites

The natural zeolite used in this study came from Bayat, Klaten, Central Java. The natural zeolite activation can be carried out in two ways, i.e., the physical activation and the chemical activation [13]. The zeolite activation can be physically carried out by grinding zeolites into smaller particles and then sieved with a size of 100 mesh. The scouring and sifting of zeolite are intended to reduce the zeolite size and at the same time, increase the zeolite surface area. Washing and evaporation in the oven at 110°C for 4 hours aimed to clean the zeolite from organic impurities that might cover the zeolite surface, which can interfere with the zeolite modification process. Washing zeolite used 1% HF was intended to open the zeolite pores and remove the oxide impurities (such as CaO , Fe_2O_3 , K_2O , and MgO). The metal oxide removal was needed to avoid interference with polyaniline or Cr(III) adsorption. As the natural zeolite is a naturally formed mineral so that the zeolite structure is balancing ions usually vary, including alkaline, alkaline earth, and transition metal group. The interaction between cations of Ca, Mg, and Fe with zeolite structure is reliable, so other these cations needed to be replaced and removed. The existence of these elements can be known from the results of XRF measurements, as shown in Table 1.

During the activation process, it was expected that the structure of the zeolite did not change; hence, the active group possessed by the zeolite became more active to interact with $(-\text{NH}_2^+)$, which was in polyaniline (PANI). The zeolites were dwelled for 10 minutes to maximize the activation process. Next, the zeolites were rinsed by distilled water until a neutral pH obtained. The zeolites obtained were referred to as activated zeolites. After that, the activated zeolites were heated in an oven at 110°C for 4 hours in order to remove water and solvents trapped in zeolite pores [14].

1.6. Modification of activated zeolite with polyaniline (PANI)

The nitrogen atom in the imine group contained in polyaniline can form $-\text{NH}_2^+$ so that it has the potential to interact with the zeolite surface, which has a negative charge. This modification was carried out with variations in concentrations of 0.01 and 0.05 M. It was expected that cation exchange occurred between the hydronium ion and the ammonium group. The change in color indicates a zeolite-PANI interaction. At the addition of 0.01 M aniline-HCl, the grayish-white color of active zeolite turned became a dark gray, while at the concentration of 0.05 M, the color became darker, as shown in Figure 1. These color changes indicate that the formation of polyaniline polymers has been successful.

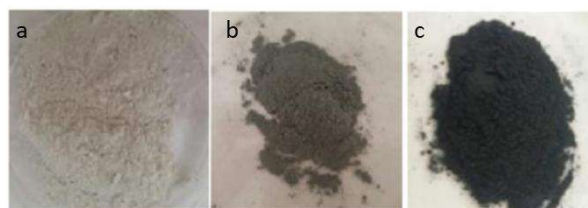
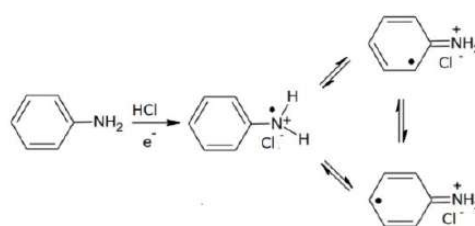


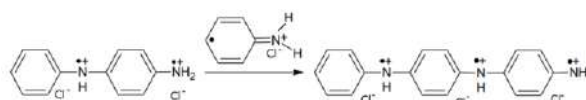
Figure 1. Color changes in (A) natural zeolite (B) 0.01-PANI zeolite (C) 0.05M zeolite-PANI

Polyaniline modified zeolite (zeolite-PANI) was obtained by adding aniline monomers ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) and HCl to the zeolite structure, then adding ammonium peroxodisulfate (APS) $\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$. The polyaniline formation was the result of the polymerization of aniline with an HCl as an oxidizer. The polymerization began with the initiation step in the acid atmosphere, and this stage required high energy. APS was used as an initiator agent which has a higher oxidation potential than aniline [15]; hence, protons in acids could bind with amine groups to form Anil-HCl. According to Wallace *et al.* [16], the formation of polyaniline polymers from aniline is as follows:

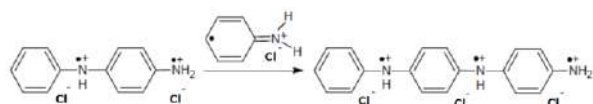
1. Initiation step



2. Coupling step



3. Propagation step



4. Termination step

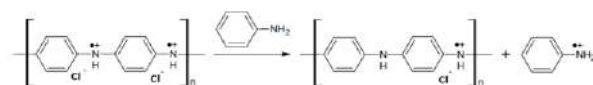


Figure 2 shows an illustration of the formation of Zeolite-PANI in which N atoms bound to the imine group of polyaniline can form -NH_2^+ . It predicted that interactions with the negative charge could occur on the surface of the zeolite.

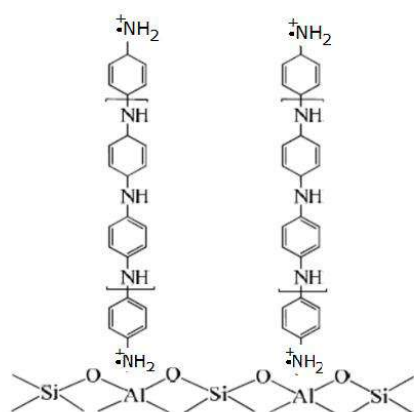


Figure 2. Illustration of zeolite-PANI formation

1.7. Effect of addition of PANI on the composition of zeolite components

In the activation process, the addition of 1% HF aimed to dissolve or remove other metals found inside the zeolite framework. The existence of these metals can be determined through elemental analysis using X-ray Fluorescence (XRF). The XRF measurement data listed in Table 1.

Table 1 shows that the activation process causes a decrease in the amount of metal, even though the metal does not completely disappear. Activated zeolite still contains calcium and iron ions. Strong interactions between zeolites and calcium and iron make removal of the counterweight cation not easy.

Table 1. Component on natural zeolites and zeolites-PANI

Components	Content (%)		
	Natural zeolite	Zeolite-PANI 0.01M	Zeolite-PANI 0.05M
SiO ₂	66.58	72.90	56.04
Al ₂ O ₃	10.75	9.90	7.75
CaO	8.10	5.90	5.12
Fe ₂ O ₃	5.37	4.35	3.99

K ₂ O	5.63	2.56	1.79
Cl	1.02	1.07	1.61
SO ₃	1.07	1.01	3.90
TiO ₂	1.00	0.84	0.89

Table 1 also indicates that the Si/Al ratios increase due to the modification of zeolite with polyaniline. The Si/Al ratio increases from 10.94 on natural zeolites to 13.546 for zeolite-PANI 0.01 M and to 12.77 on zeolite-PANI 0.05 M, respectively. Increasing the Si / Al ratio is expected to reduce the negative charge on the zeolite surface.

1.8. FTIR analysis results

Infrared spectra analysis (FTIR) is an important method to characterize the structure of the framework. The spectra of zeolite before and after modification by PANI were shown in Figure 3.

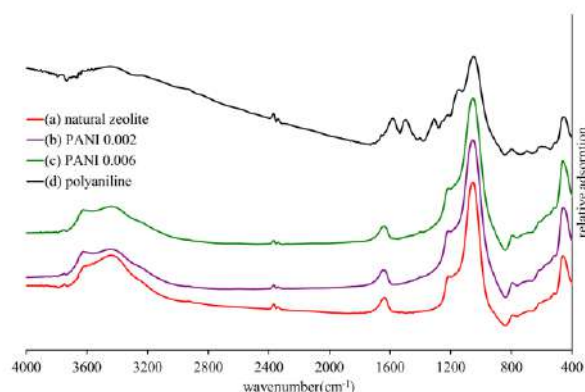


Figure 3. FTIR spectra of natural zeolite and zeolite-PANI

Figure 3 displays the FTIR spectra of zeolite. The zeolite framework structure was shown in the wavenumber region of 300–1300 cm^{-1} in which indicate the existence of tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ and $[\text{AlO}_4]^{-5}$ bonds. The wavenumber 420–500 cm^{-1} is the vibration of Si-O/Al-O (T-O) on the internal, while the wave number 700–780 cm^{-1} is the vibration of the Si-O/Al-O (T-O) on the external. The symmetrical range is shown at wavenumbers 650–850 cm^{-1} , and the asymmetric range is shown at wavenumbers 900–1250 cm^{-1} [17].

The comparison of the FTIR spectrum of polyaniline and PANI-modified zeolites explain the protonation of PANI. The wavelength of about 1335–1250 cm^{-1} demonstrates the presence of stretching C-N secondary aromatic amines. A strong bond in the C-N bond is considered to be a measure of the degree of electron delocalization in the PANI chain. It is thus a characteristic peak associated with the conductivity of the PANI because, in its structure, it has a conjugated yang bond, which causes electrons to move along the structure. The formation of a PANI polymer occurs through the interaction of -NH_2 groups and carbonium ions in phenyl to form a C-N bond. The absorption intensity at C-N increases with increasing PANI concentration in zeolites [3]. In addition, FTIR spectra show that Polyaniline

(PANI) can interact with activated zeolites through cation exchange. This is evidenced by the emergence of the peak of Polyaniline with a wavelength of around 116–1176.28 cm^{-1} , which is a C-H bending vibration and at a wavelength of about 1400–1500 cm^{-1} which is a C=C benzenoid vibration and 1500–1600 cm^{-1} which is the vibration of C=C quinoid [18].

Figure 3 also shows that variations in concentration affect the position, shape, and peak absorption of zeolite-PANI. The higher the concentration of polyaniline added to zeolite, the more it shows the spectral shape, which is close to the polyaniline spectra. The interaction between zeolite and polyaniline is likely a physical interaction. This is characterized by the non-generation of new groups that characterize the bond between zeolite and polyaniline, but only show the combination of functional groups of zeolite and polyaniline.

To find out the change in intensity, it is necessary to have a quantitative analysis. The analysis was conducted using a Fityx application where FTIR spectra were derived into the constituent peaks with a Gaussian approach. Previously, FTIR spectra were normalized, and the derivation curve was compared by equalizing the Half-width at half maximum (HWHM) of each derivation peak. Then, the derivative peaks were compared with the peak of Si-O-Si. The peak deconvolution results obtained were available to obtain information about almost imperceptible differences (vibrations in overlapping regions) in the modification process by measuring the absorption intensity that is related to the type of chemical group to be measured. The calculation results are in Table 2.

Table 2. The results of calculating the C-H/Si-O ratio

Sample	The absorption intensity of the function group		The ratio of C-H/Si-O
	Si-O (1050 cm^{-1})	C-H (1162 cm^{-1})	
Natural zeolite	22564	267.66	1.1862
Zeolite-PANI 0.01	23536.9	896.84	3.8103
Zeolite-PANI 0.05	24059.1	1404.29	5.8369

The deconvolution results show that the addition of polyaniline increases the CH / Si-O-Si ratio, which is in accordance with the prediction that the addition of polyaniline increases the carbon content in zeolite-PANI.

1.9. Application of Zeolite-PANI as chromium(III) metal ion adsorbent

Polyaniline (PANI) modified natural zeolite adsorption capability on Cr(III) metal ions was carried out at initial concentration variations of 1000, 1500, 2000, and 2500 ppm as well as variations in system pH 1,2,3 and 4. The concentration of Cr(III) ions after adsorption was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at a

maximum wavelength of 420 nm. The graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorbed efficiency in three samples of zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite can be seen in Figure 4, while the graph of the relationship between system pH and adsorption efficiency of metal ions adsorbed contained in Figure 5.

In Figure 4, it observed that the adsorption capacity of Cr(III) metal ions by activated zeolites and zeolites-PANI decreases with increasing concentration of a metal solution. These conditions indicate that the active sites of natural zeolite and zeolite-PANI adsorbents at high concentrations have saturated by these Cr(III) metal ions. Hence the adsorption capacity tends to decrease at high concentrations. The adsorption process through electrostatic interaction between the positive charge contained in Cr(III) and the negative charge of polyaniline deprotonated to $(-\text{NH}_2^+)$, so that interaction can occur because zeolites and polyanilines have formed a bilayer on the outer surface of zeolite above the surface [19].

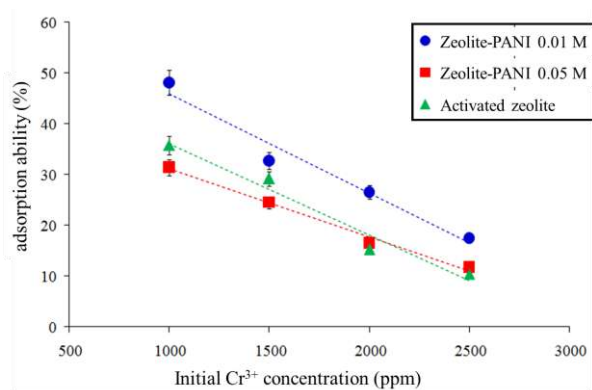


Figure 4. Graph of the relationship of Cr(III) metal ion concentration with adsorption efficiency in zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M, and natural zeolites

The attraction between these charges causes lower concentrations of Cr(III) metal ions to make the ability to adsorb between molecules more easily because they only require less energy. In addition, the efficiency of adsorbed Cr(III) is not too high <50%, due to the charge that exists along the PANI polyelectrolyte chain which is bound to the active center of the zeolite causing a repulsive force between the charge contained in the PANI which is fully charged so that the Cr(III) metal ion, it is difficult to enter the zeolite-PANI group.

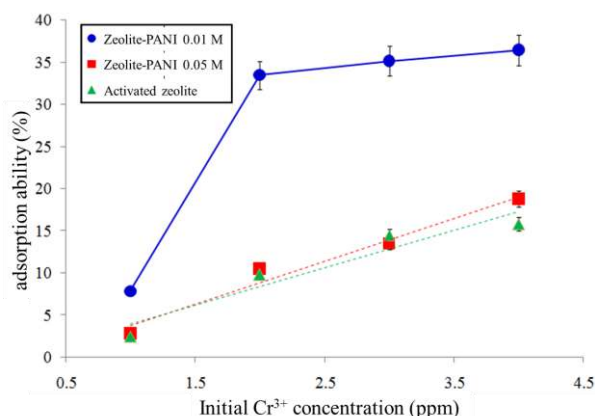


Figure 5. Graph of the relationship between pH and % adsorption efficiency Cr(III) by zeolite-PANI 0.01 M, zeolite-PANI 0.05 M and natural zeolite

The pH conditioning was carried out on the Cr(III) solution before it has interacted with zeolite. The choice of pH 1–4 in the adsorption process was due to chromium being in the form of free Cr(III) or Cr^{3+} at pH 1–2, at the higher pH, the concentration of Cr^{3+} begins to decrease, and $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ starts to appear. If the pH was higher, it was possible that adsorption could interfere with the deposition of $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Sulastrı *et al.* [20] showed that in a solution with a low pH, the Cr(III) ion dissolved, and experienced turbidity in a solution with a pH of 5.

To get optimum pH conditions, the concentration of Cr(III) metal ion 1000 ppm was used because this concentration was absorbed most by activated zeolite and zeolite-PANI. Based on Figure 5, the highest adsorption efficiency of Cr(III) metal ions by activated zeolite and zeolite-PANI was at pH 4. At pH 1–4, the adsorption efficiency increases as at high pH, the zeolite-PANI deprotonated to form a negative charge surface ($:\text{NH}_2^-$) and able to absorb Cr(III) cationic through electrostatic interactions. The increase in pH also causes the amount of $-\text{NH}_2$ in zeolite-PANI to form more; hence, the bonds that occurred between Cr(III) ions and the active group of nitrogen atoms also increased. The adsorption result at pH 1 shows that adsorbed efficiency is much smaller compared to other pH levels. This is because, in conditions that are too acidic, pH may damage the structure of zeolites. Damage to the structure can occur because the Al metal in the zeolite is separated from the structure in the framework [21], resulting in a negative charge on the zeolite decreases, which makes the absorption power to absorb Cr(III) metal ions decreases [22]. Besides, there is the possibility of competition between H^+ and Cr(III) metal ions to be adsorbed by zeolites.

At an alkaline pH caused the solution of Cr(III) to settle. This is because the Cr(III) ion has a K_{sp} value of around 3.752×10^{-3} , so based on the calculation of the Cr(III) ion, it will settle to a pH > 5.29 [23]. At the time of basic conditioning, ammonia solution is added to the pH showing > 5.29, and deposition occurs like gelatin, which

is gray-green to blue-gray, namely chromium(III) hydroxide [24].

4. Conclusions

It is concluded that the natural zeolite had been successfully modified by PANI, which was characterized by the presence of polyaniline groups at wavenumbers $1303-1319\text{ cm}^{-1}$ and 1597 cm^{-1} in the FTIR spectra. The ability of adsorbent adsorbents in the form of the best adsorption efficiency of Cr(III) metal ions was 0.01 M zeolite-PANI at pH of 4 and at an initial concentration of 1000 ppm which was in the value of 48.13%.

References

- [1] Balwinder Kaur and Rajendra Srivastava, Simultaneous determination of epinephrine, paracetamol, and folic acid using transition metal ion-exchanged polyaniline-zeolite organic-inorganic hybrid materials, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 211, (2015) 476–488
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.01.081>
- [2] Anis Komariah, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Adsorpsi Alkil Benzena Sulfonat Menggunakan Zeolit Termodifikasi Cetyltrimethylammonium, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20, 1, (2017) 13–18
<https://doi.org/10.14710/jksa.20.1.13-18>
- [3] Priyanka Jain, Shilpa Varshney and Shalini Srivastava, Site-specific functionalization for chemical speciation of Cr(III) and Cr(VI) using polyaniline impregnated nanocellulose composite: equilibrium, kinetic, and thermodynamic modeling, *Applied Water Science*, 7, 4, (2017) 1827–1839
<https://doi.org/10.1007/s13201-015-0356-1>
- [4] Abdulsalam A. Shyaa, Omar A. Hasan and Ahmed M. Abbas, Synthesis and characterization of polyaniline/zeolite nanocomposite for the removal of chromium(VI) from aqueous solution, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 1, (2015) 101–107
<https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.01.001>
- [5] Muzzaffar Ahmad Mir, Muzzaffar Ahmad Bhat, Sheikh Abdul Majid, Shabir H. Lone, Manzoor Ahmad Malla, Kautily Rao Tiwari, Ashiq Hussain Pandit, Radha Tomar and Rayees Ahmad Bhat, Studies on the synthesis and characterization of polyaniline-zeolite nanostructures and their role in carbon monoxide sensing, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1, (2018) 1137–1146
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.027>
- [6] Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Rabia, Mohamed Shaban and Francis Verpoort, Heulandite/polyaniline hybrid composite for efficient removal of acidic dye from water; kinetic, equilibrium studies and statistical optimization, *Advanced Powder Technology*, 29, 10, (2018) 2501–2511
<https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.06.030>
- [7] Anka Jevremović, Patrycja Bober, Matej Mičušík, Jaroslav Kuliček, Udit Acharya, Jiří Pflieger, Maja Milojević-Rakić, Danina Krajišnik, Miroslava Trchová, Jaroslav Stejskal and Gordana Čirić-Marjanović, Synthesis and characterization of polyaniline/BEA zeolite composites and their

- application in nicosulfuron adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 287, (2019) 234–245
<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.06.006>
- [8] Mohamed Adel Sayed, Mostafa R. Abukhadra, Mohamed Abdel Salam, Sobhy M. Yakout, Ahmed A. Abdeltawab and Ibrahim M. Aziz, Photocatalytic hydrogen generation from raw water using zeolite/polyaniline@Ni₂O₃ nanocomposite as a novel photo-electrode, *Energy*, 187, (2019) 115943
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115943>
- [9] Afshin Maleki, Bagher Hayati, Maryam Naghizadeh and Sang W. Joo, Adsorption of hexavalent chromium by metal organic frameworks from aqueous solution, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 28, (2015) 211–216
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.02.016>
- [10] Rania E. Morsi, E. A. Khamis and A. M. Al-Sabagh, Polyaniline nanotubes: Facile synthesis, electrochemical, quantum chemical characteristics and corrosion inhibition efficiency, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60, (2016) 573–581
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.10.028>
- [11] Nomcebo H. Mthombeni, Maurice S. Onyango and Ochieng Aoyi, Adsorption of hexavalent chromium onto magnetic natural zeolite-polymer composite, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, (2015) 242–251
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.037>
- [12] Deyi Wu, Yanming Sui, Shengbing He, Xinze Wang, Chunjie Li and Hainan Kong, Removal of trivalent chromium from aqueous solution by zeolite synthesized from coal fly ash, *Journal of Hazardous Materials*, 155, 3, (2008) 415–423
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.082>
- [13] Dewi Yuanita Lestari, Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara, Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010, Yogyakarta, (2010).
- [14] Sofian Ansori, Sriatun Sriatun and Pardoyo Pardoyo, Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO₂ sebagai Fotokatalis Zat Pewarna Indigo Carmine, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19, 2, (2016) 68–71
<https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.68-71>
- [15] Iman Rahayu, Annisa Wijayati and Sahrul Hidayat, Sintesis dan Karakterisasi Polianilina Doping Asam Klorida dengan Metode Interfasial, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2, 1, (2015) 74–79
<https://doi.org/10.15408/jkv.voio.3143>
- [16] Gordon G. Wallace, Peter R. Teasdale, Geoffrey M. Spinks and Leon A.P. Kane-Maguire, *Conductive Electroactive Polymers: Intelligent Materials Systems*, Second Edition, CRC Press, 2002.
- [17] Halimatun Hamdan, *Introduction To Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, 1992.
- [18] A. Olad, M. Khatamian and B. Naseri, Removal of toxic hexavalent chromium by polyaniline modified clinoptilolite nanoparticles, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 8, 1, (2011) S141–S151
<https://doi.org/10.1007/BF03254291>
- [19] Silvio R. Taffarel and Jorge Rubio, Removal of Mn²⁺ from aqueous solution by manganese oxide coated zeolite, *Minerals Engineering*, 23, 14, (2010) 1131–1138
<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.07.007>
- [20] Siti Sulastri, Indriana Kartini Nuryono and Eko Sri Kunarti, Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Saintek*, 19, 2, (2014) 33–44
- [21] Sriatun Sriatun, Dimas Buntarto and Adi Darmawan, Pengaruh Penambahan Surfaktan Hexadecyltrimethyl-Ammonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11, 1, (2008) 11–14
<https://doi.org/10.14710/jksa.11.1.11-14>
- [22] Tom Chih-Hung Wang, Polyelectrolyte multilayers as nanostructured templates for inorganic synthesis, *Massachusetts Institute of Technology*,
- [23] Tan Chen, Zeyu Zhou, Sai Xu, Hongtao Wang and Wenjing Lu, Adsorption behavior comparison of trivalent and hexavalent chromium on biochar derived from municipal sludge, *Bioresource Technology*, 190, (2015) 388–394
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.115>
- [24] G. Svehla, *Vogel's Qualitative Inorganic Analysis*, Pearson Education, 2008.