

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN
KONSENTRASI AKRILAMIDA TERHADAP
KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

RENDI KURNIAWAN 1514011

DYAH AYU TRI ASTUTI 1514021

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
JAKARTA
2018

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN
KONSENTRASI AKRILAMIDA TERHADAP
KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn



OLEH :

RENDI KURNIAWAN 1514011

DYAH AYU TRI ASTUTI 1514021

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
JAKARTA
2018

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI
AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn

DISUSUN OLEH :

NAMA : RENDI KURNIAWAN

NIM : 1514011

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, September 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI
AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn

DISUSUN OLEH :

NAMA : DYAH AYU TRI ASTUTI

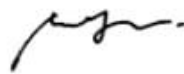
NIM : 1514021

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, September 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI
AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn

DISUSUN OLEH :

NAMA : RENDI KURNIAWAN

NIM : 1514011

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, September 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Dr. Nunung Nuryanthi, M.Eng
NIP. 198012122005012006

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI
AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-
POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn

DISUSUN OLEH :

NAMA : DYAH AYU TRI ASTUTI

NIM : 1514021

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, September 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Dr. Nunung Nuryanthi, M.Eng
NIP. 198012122005012006

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 003 /SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 13 Februari 2018

Kepada
Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Rendi Kurniawan
No. Induk : 1514011

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Modifikasi Komposit Zeolit Poliakrilamida dan digunakan Untuk Penyerapan Logam. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



STMI Jakarta, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 004 /SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : **Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018**

Jakarta, 13 Februari 2018

Kepada
Yth. Ibu **Ir Rochmi Widjanti, M.Eng**
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/ KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : **Dyah Ayu Tri Astuti**
No. Induk : **1514021**

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Modifikasi Komposit Zeolit Poliakrilamida dan digunakan Untuk Penyerapan Logam . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur,



Dr. Mustofa, ST, MT

NIP. 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal



SAI GLOBAL CERTIFICATION SERVICES Pty Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727

LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 003 /SJ-IND.7.2/1/2018
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 11 Januari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Aplikasi Teknologi ISOTOP
dan Radiasi (PATIR) Badan Tenaga Nuklir
Nasional (BATAN)
Jl. Lebak Bulus Raya No.49 Pasar Jum,at
Jakarta Selatan

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Rendi Kurniawan	1514011	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T

NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : *004/ISJ-IND.7.2/1/2018*
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 11 Januari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Pusat Aplikasi Teknologi ISOTOP
dan Radiasi (PATIR) Badan Tenaga Nuklir
Nasional (BATAN)
Jl. Lebak Bulus Raya No.49 Pasar Jum,at
Jakarta Selatan

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Dyah Ayu Tri Astuti	1514021	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom. M.T

NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR KETERANGAN DITERIMANYA

TUGAS AKHIR



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia
Telp : +62-21-7690709 Fax : +62-21-7691607
Home page: www.batan.go.id/pair, E-mail: pair@batan.go.id

Nomor : B- *Pa* /BATAN/AIR 1.1/HM 03/02/2018 C Februari 2018
Lampiran : 1 (satu) lembar
Hal : Penelitian Tugas Akhir

Yth. Pembantu Direktur I
Politeknik STMI Jakarta
Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih
Jakarta 10510

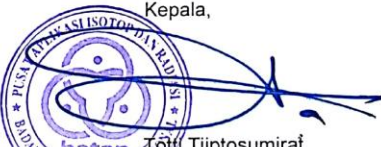
Berkenaan dengan surat Saudara Nomor : 003/SJ-IND.7.2/1/2018 dan 004/SJ-IND.7.2/1/2018 tanggal 11 Januari 2018 hal tersebut pada pokok surat, dengan ini kami beritahukan bahwa kami dapat menerima mahasiswa STMI Jakarta untuk melaksanakan Penelitian Tugas Akhir (PTA) di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) - BATAN, atas nama :

No.	Nama/NIM	Judul Penelitian	Pembimbing
1.	Rendi Kurniawan 1514011	Modifikasi Komposit Zeolit Poliakrilamida dan Aplikasinya Untuk Penyerap Logam.	Dr. Nunung Nuryanti, M.Eng
2.	Dyah Ayu Tri Astuti 1514021	Modifikasi Komposit Zeolit Poliakrilamida dan Aplikasinya Untuk Penyerap Logam	Dr. Nunung Nuryanti, M.Eng

Praktik Kerja Lapangan dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan mulai tanggal 7 Februari sampai dengan 8 Mei 2018, dan hasil penelitian dari kegiatan tersebut sepenuhnya menjadi Hak Kekayaan Intelektual PAIR-BATAN.

Perlu diinformasikan bahwa PAIR-BATAN tidak menyediakan akomodasi dan transportasi. Terlampir kami sampaikan ketentuan bagi mahasiswa/siswa praktik, untuk disampaikan kepada yang bersangkutan.




Atas perhatian Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Kepala,

Toti Tjiptosumirat
NIP. 19630830 198803 1 002

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Rendi Kurniawan 1514011
 Dyah Ayu Tri Astuti 1514021
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn
Dosen Pembimbing : Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
25-4-18		Diskusi Proposal Penelitian	1.
28-5-18	BAB I	- Revisi Latar Belakang - Revisi Batasan Masalah - Revisi Manfaat Penelitian	2.
4-6-18	BAB I BAB II	- ACC BAB I - Diskusi literatur	3.
21-6-18	BAB II	Revisi BAB II	4.
25-6-18	BAB II BAB III	- ACC BAB II - Revisi Diagram Alir	5.
2-7-18	BAB III BAB IV	- ACC BAB III - Diskusi Pembahasan	6.
10-7-18	BAB IV	Revisi Pembahasan	7.
03-7-18	BAB IV BAB V	- ACC BAB IV - Revisi BAB V	8.

21-7-18	BAB V	- ACC BAB V - Revisi Daftar Pustaka - Revisi Abstrak	
24-7-18		- ACC Daftar Pustaka - ACC Abstrak - Diskusi Power Point	
10-7-18		- ACC Power Point	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik
Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Rocheni Widajanti, M.Eng
NIP. 198210012014022001

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn.

DISUSUN OLEH :

NAMA : 1. RENDI KURNIAWAN
2. DYAH AYU TRI ASTUTI

NIM : 1. 1514011
2. 1514021

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Jumat, 10 Agustus 2018.

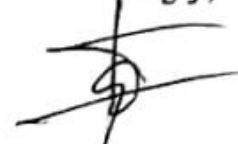
Penguji,



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP.195405231980031004

Jakarta, Agustus 2018

Penguji,



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.1982100120140022001

Dosen Pembimbing,



Ir. Rochmi Widajanti, M.Eng.
NIP.195609101984032002

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA (γ) DAN KONSENTRASI AKRILAMIDA TERHADAP KARAKTERISTIK ZEOLIT TERMODIFIKASI-POLIAKRILAMIDA SEBAGAI ADSORBEN Cr DAN Zn.

DISUSUN OLEH :

NAMA : 1. RENDI KURNIAWAN
2. DYAH AYU TRI ASTUTI
NIM : 1. 1514011
2. 1514021

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 06 September 2018.

Penguji,



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP.195405231980031004

Jakarta September 2018
Penguji,



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP.1982100120140022001

Penguji,



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP.198407162014021001

Dosen Pembimbing,



Ir. Rochmi Widajanti, M.Eng.
NIP.195609101984032002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Rendi Kurniawan
NIM : 1514011
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn”, maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, September 2018


KENDI KURNIAWAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Dyah Ayu Tri Astuti
NIM : 1514021
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul "Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn", maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, September 2018



Dyah Ayu Tri Astuti

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul “*Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn*” ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan ini bertujuan guna memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dari jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Kementerian Perindustrian, Jakarta.

Pada kesempatan ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan, dukungan, dan dorongan semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan penelitian ini. Dengan selesainya laporan ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga atas doa, cinta, nasehat, dan dorongan semangat secara material maupun spiritual.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
3. Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
4. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik Kimia Polimer (TKP) Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
6. Syaiful Ahsan, S.T, M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta.
7. Dr. Tita Puspitasari, M.Si., selaku Kepala Bidang Proses Radiasi, yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Bahan Industri, Bidang Proses Radiasi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional.

8. Dr. Nunung Nuryanthi, M.Eng., selaku pembimbing di Laboratorium Bahan Industri, Bidang Proses Radiasi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional.
9. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberi dukungan dan bantuan atas Tugas Akhir Penelitian ini.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam mengkaji kaidah ilmu pengetahuan Teknik Kimia Polimer (TKP). Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam menyusun laporan ini. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penyusun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir penelitian ini.

Jakarta, September 2018

Penyusun

ABSTRAK

Zeolit merupakan adsorben yang dapat menyerap logam berat pada air limbah. Meskipun memiliki sifat penyerapan yang cukup baik, namun sebagian besar zeolit di Indonesia masih berkualitas rendah sebagai mineral galian dan perlu peningkatan kualitas zeolit menjadi mineral industri. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi zeolit yang dimodifikasi melalui proses silanisasi dengan pencangkokan pra-iradiasi monomer akrilamida untuk dijadikan adsorben dalam meningkatkan kemampuan menyerap logam berat seperti kromium (Cr) dan seng (Zn). Pembuatan ZM-g-PAAm dilakukan dengan tahap preparasi zeolit, pembuatan larutan akrilamida, pembuatan modifikasi zeolit dengan silan yang dilakukan dengan mengaktivasi zeolit dengan larutan silan, sintesis zeolit modifikasi-poliakrilamida dengan mencampurkan larutan monomer akrilamida konsentrasi 40% dan 50% kedalam zeolit yang telah dimodifikasi dengan silan menggunakan metode *grafting* pra-iradiasi yang diinduksi dengan radiasi gamma pada variasi dosis iradiasi 10 kGy, 25 kGy, 35 kGy dan 50 kGy. Tahap karakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan tahap pengujian penyerapan pada logam Cr dan Zn dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen yang dihasilkan bukan ZM-g-PAAm melainkan zeolit termodifikasi-poliakrilamida (ZM-PAAm). Pada penelitian ini ZM-PAAm yang dihasilkan memiliki kapasitas adsorpsi terhadap ion logam Cr dan Zn yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit.

Kata kunci: Adsorben, zeolit, *grafting*, radiasi, poliakrilamida

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN.....	v
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING	vii
LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	ix
LEMBAR KETERANGAN DITERIMANYA TUGAS AKHIR	xi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR... Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR..... Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.	
KATA PENGANTAR	xviii
ABSTRAK	xx
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiv
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penelitian.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Zeolit	6
2.1.1. Struktur dan Sifat Zeolit.....	6
2.1.2. Jenis Zeolit	8
2.2. Poliakrilamida	9
2.3. Modifikasi Permukaan Zeolit	11
2.4. Kopolimerisasi Cangkok dengan Metode Iradiasi Gamma (γ).....	12
2.5. Adsorpsi	13
2.5.1. Adsorpsi fisika.....	14
2.5.2. Adsorpsi Kimia	14
2.6. Logam Berat.....	14
2.6.1. Kromium (Cr).....	15
2.6.2. Zinc (Zn).....	15
2.7. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy</i>	16
2.8. <i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.1 Alat.....	19
3.2 Bahan.....	19
3.3 Variabel.....	20
3.3.1 Variabel Tetap	20
3.3.2 Variabel Bebas	20
3.4 Prosedur Penelitian Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi/Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn	21
3.4.1 Preparasi Bahan Baku	22
3.4.2 Pembuatan Zeolit Termodifikasi	23
3.4.3 Meradiasikan Zeolit Termodifikasi	23
3.4.4 Pembuatan Larutan Akrilamida dan Toluena	23

3.4.5	Pencangkakan Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida (ZM-g-PAAm)	23
3.4.6	Penyaringan.....	24
3.4.7	Penghalusan Sampel.....	24
3.4.8	Karakteristisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR.....	24
3.4.9	Penyerapan Ion Logam.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Karakteristik Gugus Fungsi ZM-g-PAAm dengan FTIR	26
4.2	Pengaruh Dosis Radiasi Gamma (γ) dan Konsentrasi Terhadap Persentase <i>Grafting</i> ZM-g-PAAm	30
4.3	Kapasitas Adsorpsi ZM-g-PAAm Terhadap Ion Logam	31
BAB V PENUTUP.....		34
5.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA		36

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia.....	9
Tabel 2.2 Sifat fisik poliakrilamida	10
Tabel 2.3 Bilangan gelombang dan gugus fungsi akrilamida dan zeolit.....	17
Tabel 3.1 Variasi dosis radiasi dan larutan akrilamida.....	21

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Mineral Zeolit	6
Gambar 2.2 Bentuk tetrahedral silika atau alumina.	7
Gambar 2.3 Struktur klinoptilolit	9
Gambar 2.4 Reaksi pembentukan homopolimer poliakrilamida.	10
Gambar 2.5 Komponen utama FTIR.	16
Gambar 2.6 Bagan Alat AAS.	18
Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian.....	22
Gambar 4.1 Spektrum FTIR akrilamida.	26
Gambar 4.2 Spektrum FTIR Zeolit	27
Gambar 4.3 Spektrum FTIR Zeolit Termodifikasi (ZM)	28
Gambar 4.4 Spektrum FTIR sampel ZM-g-PAAm	29
Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi ion logam Cr^{3+} terhadap kapasitas adsorpsi .	31
Gambar 4.6 Pengaruh konsentrasi ion logam Zn^{2+} terhadap kapasitas adsorpsi.	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
LAMPIRAN A	40
LAMPIRAN B	43
LAMPIRAN C	45
LAMPIRAN D	46
LAMPIRAN E	49
LAMPIRAN F.....	53
LAMPIRAN G.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industrialisasi merupakan hal yang wajar dalam sebuah negara yang memiliki kekayaan sumber daya yang tinggi. Perkembangan yang terjadi menimbulkan efek baik dalam meningkatkan perekonomian bangsa, namun memiliki pula efek negatif pada beberapa aspek seperti aspek lingkungan. Berbagai jenis limbah industri berupa limbah cair, padat, maupun gas yang dihasilkan dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Salah satu kandungan pencemar berbahaya dalam limbah merupakan senyawa logam berat, dimana salah satunya limbah cair pada industri ini memberikan kontribusi yang tinggi terhadap pelepasan logam berat beracun didalam aliran air. Kadar logam yang melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan manusia dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem yang ada khususnya biota air, dimana salah satu sumber terbesar penghasil polutan logam berat adalah perindustrian dan pertambangan. Meskipun konsentrasinya belum melebihi ambang batas, logam berat bersifat akumulatif sehingga keberadaannya akan terus bertambah dalam sistem biologis apabila tidak ada penanganan lebih lanjut terhadap keberadaan kadar logam berat ini.

Kekhawatiran akibat yang ditimbulkan dari pencemaran polutan logam tersebut, diadakan sejumlah penelitian dan pengembangan teknik untuk menyerap polutan logam dalam air limbah. Untuk mengurangi atau menurunkan kadar pencemaran tersebut diperlukan adsorben yang dapat menyerap logam berat dari air limbah. Adsorben yang banyak digunakan untuk menyerap logam berat adalah adsorben berupa penukar ion salah satunya adalah zeolit[1].

Beberapa penelitian mengkonfirmasi bahwa mineral zeolit memiliki sifat sebagai penukar ion, sorpsi, penyaring molekul dan katalis, sehingga dapat digunakan dalam pengolahan limbah industri maupun limbah rumah tangga[2]. Meskipun memiliki sifat penyerapan yang cukup baik, namun sebagian besar zeolit di Indonesia masih berkualitas rendah sebagai mineral galian dan perlu diadakan

penelitian yang terpadu untuk meningkatkan kualitas zeolit menjadi mineral industri[3]. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Baybas dan Ulusoy (2011) yaitu karakterisasi komposit poliakrilamida-klinoptilolit/y-zeolit serta daya serapnya terhadap terbitium. Komposit poliakrilamida-zeolit ini dibuat dengan polimerisasi langsung antara monomer akrilamida (AAm) dengan suspensi mineral zeolit, dimana komposisi terakhir dari komposit memiliki rasio massa 2:1 dari AAm terhadap mineral. Penelitian yang dilakukan Demet Baybas menyimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi dari komposit yang dibuat lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit/y-zeolit[4].

Penelitian berikutnya yang membahas pembuatan komposit polimer superabsorben dengan mesin berkas elektron yang dilakukan oleh Swantomo (2008) menggunakan teknik *grafting* dengan radiasi *pengion* dari mesin berkas elektron, dimana proses polimerisasi antara monomer AAm dan zeolit terjadi pada saat proses radiasi berlangsung. Penelitian tersebut menyimpulkan, bahwa bertambahnya dosis radiasi akan meningkatkan persentase *grafting* komposit dan kapasitas adsorpsi. Setelah tercapai ikatan polimer yang sempurna, penambahan dosis selanjutnya akan menurunkan kapasitas adsorpsi[5].

Karakter permukaan zeolit dapat diubah sifatnya dengan melakukan proses modifikasi permukaan dengan menggunakan berbagai teknik. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan memodifikasi permukaan dengan menggunakan senyawa organik-anorganik hibrida, seperti alkil silan. Senyawa ini akan berikatan dengan gugus silanol permukaan zeolit (SiOH) yang relatif reaktif. Modifikasi permukaan juga dapat dilakukan secara fisika untuk mengubah ukuran pori-pori permukaan. Tujuan dari modifikasi permukaan adalah untuk mendapatkan sifat yang diinginkan dari suatu zeolit seperti kemampuan interaksi dengan senyawa lain, perubahan ukuran pori, kemampuan adsorpsi terhadap adsorbat tertentu, dan berbagai hal lainnya[6].

Penelitian yang dilakukan Figueiredo dan Quintelas (2014) memberikan banyak rincian tentang fungsionalisasi berbasis silan dengan senyawa *aminopropyl-triethoxy-silane* (APTES). Gugus amino pada APTES berguna untuk adsorpsi anion, karena mudah terprotonasi melalui kontrol pH sehingga menjadikannya

mampu mempertahankan ion muatan negatif. Kelompok SiOH tersedia secara luas dalam struktur silika dimana hal ini merupakan target utama untuk fungsionalisasi permukaan[7].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini menggunakan kopolimerisasi cangkok untuk menggabungkan zeolit dengan monomer akrilamida melalui metode prairadiasi dalam kondisi inert. Terlebih dahulu zeolit dimodifikasi dengan *aminopropyl-triethoxy-silane* (APTES) guna meningkatkan fungsionalisasi gugus aktif pada permukaan zeolit, yang dihipotesa dapat meningkatkan persentase *grafting* antara AAm dengan zeolit serta kapasitas adsorpsi penyerapan pada logam.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana perubahan gugus fungsi pada zeolit termodifikasi-*grafted*-poliakrilamida (ZM-g-PAAm)?
2. Bagaimana pengaruh dosis radiasi gamma (γ) dan variasi konsentrasi larutan akrilamida terhadap persentase *grafting* ZM-g-PAAm?
3. Bagaimana kapasitas penyerapan ZM-g-PAAm sebagai adsorben dalam menyerap ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan baku yang digunakan berupa zeolit jenis klinoptilolit yang berasal dari Lampung.
2. Pembuatan ZM-g-PAAm dari zeolit termodifikasi (ZM) dan monomer akrilamida menggunakan metode *grafting* pra iradiasi dua media menggunakan larutan toluen pada suhu 60°C selama 3 jam dengan kecepatan *stirrer* 250 rpm.
3. Modifikasi ZM-g-PAAm dilakukan dengan 4 variasi dosis radiasi yaitu 10 kGy; 25 kGy; 35 kGy; dan 50 kGy, dan 2 variasi konsentrasi larutan akrilamid yaitu 40% dan 50%.
4. Modifikasi pada zeolit menggunakan *aminopropyl-triethoxy-silane* (APTES) dengan ratio volume APTES dan air yaitu 1:30.

5. Pengujian adsorpsi dilakukan dengan 2 variasi logam yaitu Cr dan Zn Serta 9 variasi konsentrasi logam yaitu 5 ppm; 10 ppm; 25 ppm; 50 ppm; 100 ppm; 200 ppm; 500 ppm; 750 ppm; dan 1000 ppm

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui perubahan gugus fungsi pada ZM-g-PAAm.
2. Mengetahui pengaruh dosis radiasi gamma (γ) dan konsentrasi larutan akrilamida terhadap persentase *grafting* ZM-g-PAAm.
3. Mengetahui kapasitas penyerapan ZM-g-PAAm sebagai adsorben dalam menyerap ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} .

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh radiasi ZM terhadap pembuatan ZM-g-PAAm dengan metode pra iradiasi dan diaplikasikan sebagai adsorben untuk penyerapan logam kromium dan seng yang lebih baik.

1.6. Sistematika Penelitian

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut, yaitu sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum yang berisikan polimer, zeolit, poliakrilamida, adsorpsi, dan radiasi gamma. Serta sejarah penelitian analisis ZM-g-PAAm dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian serta prosedur penelitian (persiapan penelitian dan

metode penelitian).

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik, pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Zeolit

Zeolit merupakan mineral alam yang banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano, pertama kali ditemukan oleh Freiherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia pada tahun 1756. Nama zeolit berasal dari bahasa Yunani yakni *zein* yang berarti mendidih dan *lithos* yang berarti batuan, dimana nama tersebut digunakan sesuai dengan sifat zeolit dimana air dalam rongga – rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan[2].



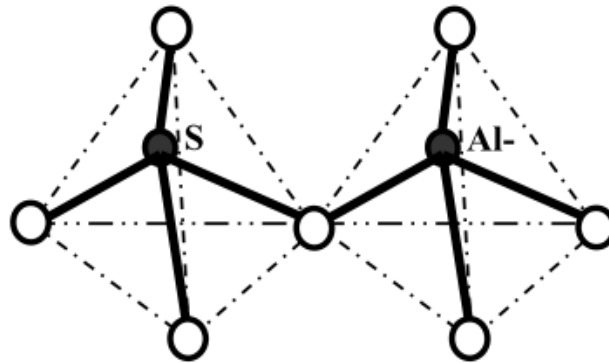
Gambar 2.1 Mineral Zeolit

Sumber: Dok. Pribadi

Zeolit umumnya berwarna putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran rongga pori-pori dari zeolit pada umumnya tidak lebih dari 0,3 nm hingga 1,0 nm [2]. Di Indonesia, mineral zeolit dapat ditemukan di beberapa wilayah dengan keberadaannya dalam jumlah besar dan memiliki harga yang relatif murah seperti daerah Bayah, Lampung dan Tasikmalaya.

2.1.1. Struktur dan Sifat Zeolit

Zeolit merupakan senyawa alumino-silikat yang memiliki struktur berongga dan biasanya diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan. Selain itu, zeolit memiliki ukuran pori yang tertentu dan bisa dimodifikasi. Oleh sebab itu, zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekular, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator[2]. Zeolit memiliki bentuk tetrahedral $[AlO_4]^{5-}$ dan $[SiO_4]^{4-}$ yang saling berhubungan dengan atom O, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk tetrahedral silika atau alumina.

Sumber: Las dan Zamroni, 2002[3]

Zeolit umumnya tidak mengalami perubahan struktur yang berarti jika dipanaskan pada suhu tinggi serta tahan terhadap oksidasi dan reduksi. Pada Temperatur 600°C, sebagian zeolit tidak mengalami perubahan posisi ion dalam kristal, sehingga tidak menyebabkan perubahan struktur. Beberapa jenis zeolit memiliki ketahanan terhadap perlakuan kimia pada $\text{pH} < 3$ dan $\text{pH} > 12$. Zeolit juga memiliki ketahanan radiasi yang sangat baik, misalnya klinoptilolit dengan tingkat radiasi $10^6 - 10^{10}$ rad tidak mengalami perubahan struktur, untuk resin organik radiasi dengan dosis 10^6 rad saja telah menyebabkan menurunnya fungsi pertukaran ion resin[3]. Selain memiliki ketahanan terhadap degradasi yang baik zeolit juga memiliki sifat-sifat, antara lain:

a. Adsorpsi

Salah satu sifat dari mineral zeolit adalah kemampuannya dalam melakukan adsorpsi yang cukup baik. Penelitian yang dilakukan oleh Widiastuti (2011) telah menunjukkan bahwa zeolit mampu mengadsorpsi amonia dari air limbah cucian rumah tangga[8]. Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain, karena ketidakseimbangan antara gaya kohesi partikel sefase dengan gaya adhesi partikel antar fase pada bidang batas suatu fase dengan fase lainnya.

b. Penukar Ion

Sebagian besar metode penggunaan zeolit digunakan untuk pemurnian air yang didasarkan pada pertukaran kation. Dalam hal ini kation terlarut dalam air ditukar dengan kation pada sisi pertukaran kerangka zeolit. Zeolit alam umumnya bersifat

selektif pada beberapa logam beracun yang sering terdapat pada perairan (misalnya Cu^{2+} ; Ag^+ ; Zn^{2+} ; Cd^{2+} ; Hg^{2+} ; Pb^{2+} ; Cr^{3+} ; Mo^{2+} ; Mn^{2+} ; Co^{2+} ; dan Ni^{2+}). Selain logam-logam tersebut zeolit juga sangat selektif pada ion NH_4^+ . Ion-Ion tersebut dikeluarkan dari air dan digantikan dengan kation yang dapat diterima secara biologis seperti Na^+ ; K^+ ; Mg^{2+} ; atau H^+ yang berasal dari sisi pertukaran zeolit atau kandungan dari zeolit itu sendiri[2].

c. Katalis

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut *molecular sieve* yang terdapat dalam substansi zeolit alam[2].

2.1.2. Jenis Zeolit

Berdasarkan proses pembentukannya zeolit dibagi menjadi dua kelompok yaitu, zeolit alam dan zeolit buatan (sintesis).

a. Zeolit Alam

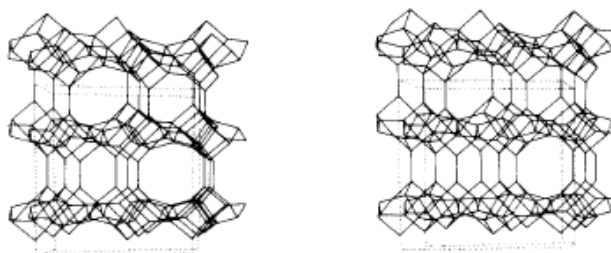
Zeolit alam terbentuk karena adanya perubahan alam yang berasal dari bahan vulkanik dan digunakan secara langsung untuk berbagai keperluan, namun daya serap dari zeolit dan daya tukar ion zeolit tersebut belum maksimal. Untuk meningkatkan daya serap dan daya tukar ion dari zeolit alam diperlukan perlakuan lebih lanjut untuk mengaktivasi dan membersihkan rongga-rongga zeolit. Jenis zeolit alam sampai saat ini telah ditemukan lebih dari 50 jenis. Tabel 2.1 menunjukkan rumus kimia dari beberapa zeolit alam[9].

Mineral zeolit alam yang paling umum ditemui adalah klinoptilolit dan modernit dimana pada penelitian ini digunakan zeolit alam dengan jenis mineral zeolit klinoptilolit yang berasal dari Lampung, dimana zeolit klinoptilolit memiliki rasio Si/Al sekitar 4,0 sampai 5,1[3]. Ion Na^+ dan K^+ merupakan kation yang dapat dipertukarkan, sedangkan atom Al dan Si merupakan struktur kation dan oksigen yang akan membentuk struktur tetrahedron pada zeolit[3]. Struktur zeolit Klinoptilolit digambarkan pada gambar 2.3.

Tabel 2.1 Jenis Mineral Zeolit Alam dan Rumus Kimia.

Jenis Mineral Zeolit	Rumus Kimia
Clinoptilolite	$(K_2Na_2Ca)_3 Al_6Si_{30}O_{72} \cdot 21H_2O$
Modernite	$(Na_2Ca)_4 Al_8Si_{40}O_{96} \cdot 28H_2O$
Chabazite	$(CaNa_2K_2)_2 Al_4Si_8O_{24} \cdot 12H_2O$
Phillipsite	$K_2(CaNa_2)_2 Al_8Si_{10}O_{32} \cdot 12H_2O$
Scolecite	$Ca_4Al_8Si_{12}O_{40} \cdot 12H_2O$
Stilbite	$Na_2Ca_4Al_{10}Si_{26}O_{72} \cdot 30H_2O$
Analcime	$Na_{16}Al_{16}Si_{32}O_{96} \cdot 16H_2O$
Laumontite	$Ca_4Al_8Si_{16}O_{48} \cdot 16H_2O$
Erionite	$(Na_2K_2MgCa_{15})_4 Al_8Si_{28}O_{72} \cdot 28H_2O$
Ferrierite	$(Na_2K_2CaMg)_3 Al_6Si_{30}O_{72} \cdot 20H_2O$

Sumber : Wang dan Peng, 2010[9].

**Gambar 2.3** Struktur klinoptilolit

Sumber: Las dan Zamroni, 2002[3]

b. Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis atau buatan merupakan hasil rekayasa manusia secara proses kimia dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan. Sifat zeolit yang dihasilkan tergantung dari jumlah komponen atom Al dan atom Si dari zeolit tersebut.

2.2. Poliakrilamida

Poliakrilamida merupakan polimer dari senyawa akrilamida ($CH_2=CHCONH_2$) atau 2-propenamida. Akrilamida merupakan padatan kristal berwarna putih, memiliki massa molar 71,08 g/mol, tidak mudah menguap, larut dalam air dan mudah bereaksi melalui reaksi amida atau ikatan rangkapnya[10,11]. Monomernya dapat berpolimerisasi dengan cepat ketika mencapai titik leburnya atau dibawah sinar ultraviolet. Akrilamida dalam larutan bersifat stabil pada suhu

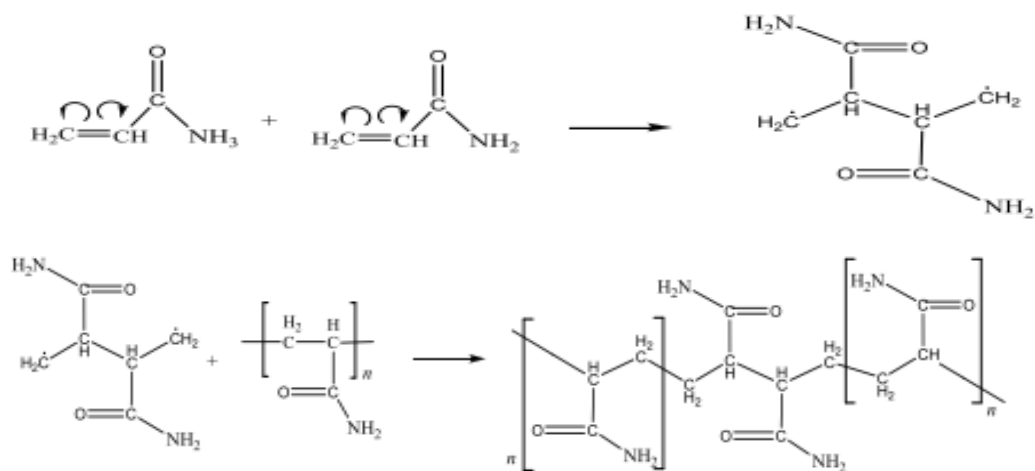
kamar dan tidak mengalami proses polimerisasi secara spontan[11]. Berikut sifat fisik dari poliakrilamida tercantum dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat fisik poliakrilamida

Sifat	Keterangan
Densitas	1,302 g/cm ³ (23°C)
Temperatur transisi gelas (T _g)	195°
Tegangan permukaan kritis	52,3 mN/m (20°C).
Struktur Kristal	<i>Amorphous</i> .
<i>Solvents</i>	Air, <i>ethylene glycol</i> , <i>formamide</i> .
<i>Nonsolvents</i>	<i>Ketones</i> , hidrokarbon, Eter, alkohol
<i>Fractionation solvents</i>	Air, methanol
Kandungan gas hasil pembakaran	H ₂ , CO, CO ₂ , NH ₃ , nitrogen <i>oxides</i>

Sumber: Lipp dan Kozakiewicz, 2004[12]

Akrlamida merupakan monomer yang mempunyai ikatan rangkap dua dalam struktur molekulnya yang peka terhadap paparan radiasi membentuk radikal bebas. Akhir dari proses reaksi radikal bebas membentuk hidrogel yang mempunyai struktur jaringan tiga dimensi dengan tingkat yang sesuai pada ikatan silang[13], dan memungkinkan masuknya zat organik atau anorganik ke dalamnya. Namun demikian, hidrogel poliakrilamida mempunyai kelemahan seperti kemampuannya dalam menyerap air (*swelling*) terbatas dan merupakan homopolimer dengan sifat fisik relatif rendah, sehingga pengembangan untuk aplikasinya juga terbatas[14]. Struktur akrilamida dan reaksi pembentukan homopolimer poliakrilamida dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi pembentukan homopolimer poliakrilamida.

Sumber : Anah dkk, 2010[15]

Sesuai dengan kemajuan dalam pengembangan dibidang penelitian dan teknologi, maka pada beberapa tahun belakangan ini penelitian yang berkaitan dengan poliakrilamida sedang dikembangkan secara intensif sebagai bahan penyerap (*sorbent*). Dalam aplikasinya sebagai adsorbent logam berat, akrilamida selektif dalam penyerapan terhadap logam berat kromium (Cr) dan seng (Zn)[16].

2.3. Modifikasi Permukaan Zeolit

Permukaan zeolit dapat diubah sifatnya dengan melakukan proses modifikasi permukaan dengan menggunakan berbagai teknik. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan memodifikasi pada permukaan dengan menggunakan senyawa organik-anorganik hibrida, seperti alkil silan. Senyawa ini akan berikatan dengan gugus silanol permukaan zeolit (SiOH) yang relatif reaktif. Modifikasi permukaan juga dapat dilakukan secara fisika untuk mengubah ukuran pori-pori permukaan. Tujuan dari modifikasi permukaan adalah untuk mendapatkan sifat yang diinginkan dari suatu zeolit seperti kemampuan interaksi dengan senyawa lain, perubahan ukuran pori, kemampuan adsorpsi terhadap adsorbat tertentu, *coupling agent* dan berbagai hal lainnya[6,7].

Gugus amino pada APTES berguna untuk adsorpsi anion, karena mudah terprotonasi melalui kontrol pH sehingga menjadikannya mampu mempertahankan ion muatan negatif. Senyawa alkil silan mampu menjadi *coupling agent* yang sangat baik, dimana akan berikatan dengan gugus silanol permukaan zeolit (SiOH) yang relatif reaktif. Kelompok SiOH tersedia dalam struktur silika dimana hal ini merupakan target utama untuk fungsionalisasi permukaan[7].

Fungsionalisasi permukaan pada zeolit dengan rasio Si/Al yang tinggi dapat menghasilkan pengikatan bahan organik yang tinggi. Sebaliknya, zeolit dengan kandungan Al yang tinggi akan kurang rentan terhadap pencangkakan silan, kelompok silanol yang tersedia akan hadir lebih sedikit di permukaan. Namun demikian, kapasitas yang lebih tinggi untuk pertukaran kation menjadikan zeolit dengan kandungan Al yang tinggi mendapatkan dukungan yang lebih memadai dalam persiapan memodifikasi permukaan zeolit(ZM)[7].

2.4. Kopolimerisasi Cangkok dengan Metode Iradiasi Gamma (γ)

Metode kopolimerisasi cangkok dengan radiasi merupakan metode yang paling umum digunakan untuk memodifikasi sifat-sifat kimia dan fisika polimer alami dan sintetik. Salah satu aplikasi metode ini umumnya banyak digunakan dalam pembuatan membran selektif penukar ion[17]. Radiasi adalah energi yang berpindah atau pancaran energi. Perpindahan tersebut dapat melalui partikel yang bergerak dalam ruang, dipancarkan dalam suatu berkas atau melalui gerak gelombang. Sedangkan iradiasi adalah penggunaan energi dari suatu radiasi secara sengaja untuk maksud tertentu. Radiasi pengion adalah jenis radiasi yang terdiri dari yaitu, radiasi partikel dan radiasi elektromagnetik. Penggunaan proses iradiasi diketahui dapat menyebabkan beberapa atom menjadi radikal untuk menginisiasi proses *grafting*[18].

Kopolimer cangkok dibuat dengan cara menumbuhkan atau menggabungkan polimer sintetik pada tulang punggung polimer alami maupun sintetik. Radiasi sinar gamma diperlukan guna menginisiasi terjadinya polimerisasi. Terdapat dua metode dalam *grafting* kopolimerisasi yaitu metode langsung (*mutual or simultaneous*) dan tidak langsung (*preirradiation*). Metode simultan adalah metode pencangkokan yakni monomer dan substrat polimer yang akan di*grafting* terletak bersama-sama pada saat tabung kopolimerisasi diradiasi dengan energi tinggi (sinar gamma). Pada proses iradiasi awal, substrat polimer diradiasi terlebih dahulu dengan sumber energi tinggi untuk menghasilkan proses kopolimerisasi kondensasi[19].

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode iradiasi awal karena metode ini dapat mengurangi terbentuknya homopolimer yang berlebihan[19]. Metode iradiasi awal ini dapat dimodifikasi sedemikian rupa untuk meningkatkan perolehan dan derajat *grafting* yang diinginkan. Teknik *grafting* prairadiasi dengan menggunakan campuran pelarut yang berbeda diketahui dapat meningkatkan persentase pencangkokan, hal tersebut dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan Nuryanthi dkk, (2015) yaitu *ion-track grafting of vinylbenzyl chloride into poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) films using different media*[20].

2.5. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu operasi mengeksploitasi kemampuan padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam[21]. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan. Adanya gaya tersebut, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dibandingkan dalam fasa gas atau zat terlarut dalam larutan.

Adsorpsi dapat terjadi pada fasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian permukaan disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada permukaan, sehingga semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi[21].

Adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain struktur adsorben, berat adsorben, pH media, ukuran partikel, kapasitas pertukaran ion, suhu, dan luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan suatu adsorben maka daya adsorpsinya semakin besar. Adsorben padat yang baik yakni porositasnya tinggi, permukaannya sangat luas sehingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Demikian juga untuk konsentrasi dan luas permukaan, semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi dan semakin besar luas permukaan adsorben, maka adsorpsinya akan semakin besar pula[21]. Adsorpsi merupakan metode yang paling paling disarankan untuk proses penanganan logam berat karena adsorpsi lebih efisien, sederhana, biaya relatif murah, dapat bekerja dalam konsentrasi rendah, sehingga lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan metode yang lain[22]. Besarnya interaksi antara adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi dua macam yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

2.5.1. Adsorpsi fisika

Molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan ikatan yang lemah (ikatan Van der Waals). Adsorpsi tersebut bersifat reversibel, sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur yang rendah dan jumlah zat yang teradsorpsi akan semakin kecil dengan naiknya suhu. Demikian juga kondisi kesetimbangan tercapai setelah adsorben bersentuhan dengan adsorbat. Hal tersebut, karena dalam fisika tidak melibatkan energi aktivasi[21].

2.5.2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia atau *Chemisorption* merupakan proses dimana molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dan bereaksi secara kimia. Hal tersebut disebabkan pada adsorpsi kimia terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan. Ikatan antara adsorben dengan adsorbat dapat cukup kuat sehingga struktur aslinya tidak dapat ditemukan kembali. Adsorpsi tersebut bersifat irreversibel dan pada saat desorpsi zat asli sering ditemukan telah mengalami perubahan struktur kimia. Umumnya, dalam adsorpsi kimia jumlah (kapasitas) adsorpsi bertambah besar dengan naiknya temperatur. Zat yang teradsorpsi membentuk satu lapisan monomolekuler dan relatif lambat tercapai kesetimbangan karena dalam adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi[21].

2.6. Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur yang umumnya digunakan dalam beberapa industri. senyawa logam berat sering dikaitkan sebagai polutan karena sifatnya yang tidak mudah terurai dan bersifat akumulatif, pada konsentrasi tertentu logam berat bersifat toksik untuk makhluk hidup dalam proses aerobik maupun anaerobik. Dalam sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi dalam dua jenis yaitu, logam berat esensial dan non esensial. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat tersebut yakni Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh

masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr[23].

Padatnya aktivitas industri, pemukiman dan transportasi serta sumber-sumber logam berat di alam seperti limpasan, pelapukan batu, dan erosi pada tepian sungai berpeluang memberikan andil besar terhadap peningkatan kadar logam berat pada ekosistem kehidupan[23].

2.6.1. Kromium (Cr)

Kromium merupakan unsur kimia dengan lambang Cr, memiliki nomor atom 24 dan berat atom 51,99 g/mol. Kromium berwarna abu-abu, berkilau, dan memiliki kekerasan yang tinggi. Senyawa kromium memiliki titik leleh pada temperatur 1900°C dan titik didih pada temperatur 2642°C[24]. Dalam perairan alami, kisaran konsentrasi kromium cukup besar dari 5,2 hingga 208.000 mg/L⁻¹. Namun demikian, untuk sebagian besar perairan alami konsentrasi logam kromium berada dibawah nilai 50 µg/L⁻¹ dan direkomendasikan dapat digunakan sebagai air minum oleh *World Health Organization* (WHO)[25].

Logam kromium dalam persenyawaannya memiliki bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya, logam atau ion kromium yang membentuk senyawa, memiliki sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan ionitasnya seperti daya racunnya. Daya racun yang dimiliki logam kromium ditentukan oleh valensi ionnya, dimana daya racun dan valensi ionnya berbanding lurus. *Hexavalent* kromium (Cr⁶⁺) memiliki tingkat keracunan 300 kali lebih racun dibandingkan *trivalent* kromium (Cr³⁺). *Trivalent* kromium (Cr³⁺) memainkan peran penting untuk hewan dan tumbuhan dalam gula dan metabolisme lemak, meskipun secara berlebihan dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit dan kanker[25].

2.6.2. Zinc (Zn)

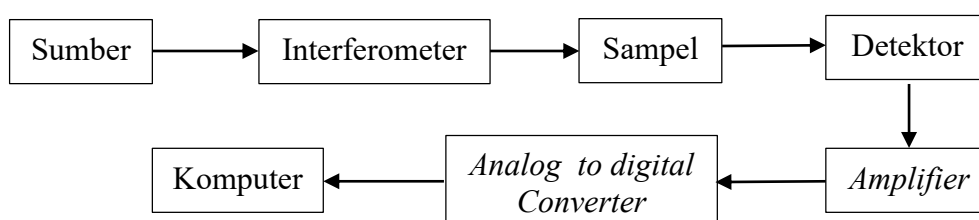
Seng dengan nama kimia *zinc* (Zn) merupakan senyawa logam berat dengan berat atom 65,39 g/mol memiliki nomor atom 30. Logam seng memiliki titik leleh pada temperatur 419°C dan titik didih pada temperatur 907°C. Ciri-ciri fisik dari logam seng yaitu berwarna berwarna putih-kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan

asam, basa dan senyawa non logam. Seng di alam tidak berada dalam keadaan bebas tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinite, smitkosonit, willenit dan zinkit[26].

Penggunaan seng digunakan dalam pelapisan baja dan besi untuk mencegah proses karat, serta untuk industri baterai. Sumber-sumber logam seng yang berkaitan adanya aktivitas pembuangan limbah rumah tangga, limbah pertanian yang banyak menggunakan pupuk pestisida dan peningkatan aktivitas di industri yang mengandung logam berat seng. Efek toksik atau kelebihan seng dapat mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, mempercepat timbulnya aterosklerosis, menyebabkan muntah, diare, demam, anemia dan gangguan reproduksi[26].

2.7. *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*

Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy pengembangan dari spektrofotometer inframerah dispersi, dimana pada spektrofotometer inframerah dispersi interferensi radiasi antara dua *beams* balok untuk menghasilkan interferogram. Pada spektrofotometer FTIR dua domain jarak dan frekuensi dapat dipertukarkan dengan metode matematis transformasi *fourier*. Komponen dan spektrofotometer FTIR ditunjukkan secara skematik pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Komponen utama FTIR.

Sumber: Stuart, 2004[27].

Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal, di mana kontribusi frekuensi tinggi telah dihilangkan oleh filter, data dikonversi ke bentuk digital oleh konverter *analog-ke-digital* dan ditransfer ke komputer untuk transformasi *fourier*. Secara keseluruhan, analisis menggunakan spektrofotometer FTIR memiliki dua kelebihan dibandingkan spektrofotometer inframerah jenis dispersi yaitu[27]:

- 1) Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya simultan sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat.
- 2) Sensitifitas dari metoda FTIR lebih besar daripada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah.

Dalam spektroskopi FTIR, frekuensi dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wavenumber*) dengan satuan bilangan gelombang adalah sepersentimeter ($1/\text{cm}$ atau cm^{-1}). Berikut beberapa bilangan gelombang gugus fungsi untuk akrilamida dan zeolit terdapat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Bilangan gelombang dan gugus fungsi akrilamida dan zeolit

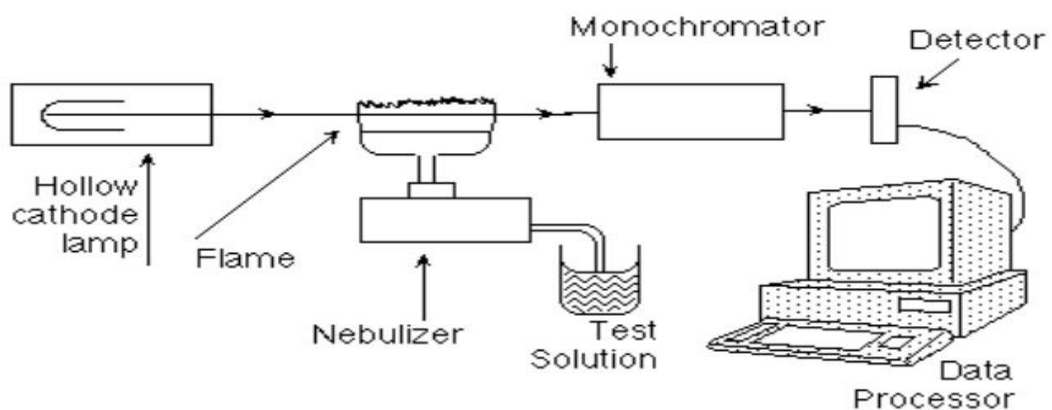
Senyawa	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
Akrilamida	3500-3200	N-H <i>stretching</i> , Gugus NH_2
	2960-2850	C-H <i>stretching</i> , Gugus CH_2
	1700-1650	C=O <i>stretching</i> , Gugus C=O
	1680-1600	C=C <i>stretching</i> , Gugus C=C
Zeolit	3700-3500	Si-OH <i>stretching</i> , vibrasi OH
	1700-1600	Asosiasi air dengan atom Na atau Ca
	1130-1000	Vibrasi internal ikatan T-O dalam tetrahedral TO_4
	1110-1050	Si-O-C <i>stretching</i>
	700-400	Vibrasi ulur simetris O-T-O

Sumber: Stuart, 2004[27]; Baybaş & Ulusoy, 2016[34]

2.8. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan alat untuk menentukan konsentrasi logam tertentu dalam sampel yang akan dianalisis. Spektrofotometri serapan atom dipergunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan keberadaan ion logam baik secara kualitatif maupun kuantitatif dalam semua jenis materi dan larutan. teknik ini banyak digunakan untuk studi fundamental dalam fisika dan kimia fisik: pengukuran kekuatan osilator, koefisien difusi gas fasa spesies, tekanan parsial uap, konstanta laju reaksi homogen dan heterogen, dll. Pengukuran dalam spektrofotometri serapan atom didasarkan pada radiasi yang diserap oleh atom yang tidak tereksitasi dalam bentuk uap[28].

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya[28]. Prinsip kerja alat spektrofotometri serapan atom adalah nyala api yang mengandung atom-atom netral dari unsur yang dianalisis yang berada pada keadaan dasarnya, disinari oleh sinar yang dipancarkan oleh sumber sinar. Sebagian intensitas sinar dari sumber sinar dengan panjang gelombang tersebut diteruskan menuju monokromator kemudian ke detektor, setelah itu ke amplifier dan recorder. Spektra absorpsinya lebih sederhana dibandingkan dengan spektra molekulnya karena keadaan energi elektronik tidak mempunyai sub tingkatan vibrasi-rotasi. Jadi, spektra absorpsi atom terdiri dari garis-garis yang jauh lebih tajam dibandingkan pita-pita yang diamati dalam spektroskopi molekuler[29].



Gambar 2.6 Bagan Alat AAS.

Sumber: Day dan Underwood, 1986[30]

Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom memiliki lima bagian utama yaitu, sumber radiasi atau sistem emisi berupa lampu HCL (*Hollow Cathode Lamps*) untuk menghasilkan sinar yang diperlukan, sistem pengatoman atau sistem absorpsi berupa nyala asetilen-udara untuk mengubah sampel (padatan atau cairan) menjadi bentuk uap atomnya dan berfungsi untuk menghasilkan atomatom bebas, monokromator atau sistem seleksi untuk menyeleksi atau memisahkan spektra sinar yang dikehendaki, detektor atau sistem fotometri berupa tabung pengadaaan PMTD (*Photon Multiplier Tube Detector*) untuk mengukur intensitas sinar sebelum dan sesudah diserap, recorder untuk menampilkan bentuk sinyal listrik menjadi satuan yang dapat dibaca dan menunjukkan data absorbansi[28][29].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bidang Proses Radiasi Bagian Bahan Industri, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jalan Lebak Bulus No. 49 Pasar Jumat, Jakarta Selatan. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 05 Februari sampai 08 Mei 2018.

Kemudian dilakukan pengujian gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Sedangkan pengujian adsorpsi logam dengan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) yang dilakukan di Laboratorium EHS PT Astra International Tbk.

3.2 Alat dan Bahan

3.1 Alat

- | | |
|--|---|
| 1. Botol ampul kaca 150 mL | 12. Alat <i>soxhlet</i> |
| 2. Neraca analitik | 13. Ayakan 60 mesh |
| 3. Gelas kimia 1000 mL | 14. Cawan petri |
| 4. Spatula <i>stainless steel</i> | 15. Oven |
| 5. Termometer air raksa | 16. <i>Rubber bulb</i> |
| 6. Corong gelas | 17. Mortar |
| 7. Kertas saring | 18. <i>Magnetic stirrer hot plate</i> |
| 8. Blender <i>stainless</i> waring CB15V | 19. <i>Irradiator gamma cell</i> |
| 9. Gelas kimia 250 mL | 20. FTIR |
| 10. Pipet volume 25 mL | 21. <i>Atomic Absorption Spectrofotometer</i> (AAS) |
| 11. Labu didih tiga leher 2000 mL | |

3.2 Bahan

1. Zeolit berasal dari Lampung dengan jenis klinoptilolit
2. Akrilamida (C₃H₅NO)
3. Aquades

4. Toluena
5. *Aminopropyl-trietoxy-silane* (APTES)
6. Etanol teknis
7. Metanol teknis
8. Kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4)
9. Natrium hidroksida (NaOH)
10. Kromium (III) nitrat ($\text{Cr}(\text{N}_3\text{O}_9) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)
11. Seng nitrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

3.3 Variabel

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu

1. Volume : - Larutan akrilamida 25 mL.
- Larutan toluena 25 mL.
2. Suhu : - Pembuatan zeolit modifikasi dan proses pencangkakan zeolit modifikasi-poliakrilamida di *termostirrer* 60°C.
- Pengeringan sampel di oven 50°C.
- Pencucian zeolit pada *heater soxhlet* 60°C.
3. Waktu : - Proses pencangkakan zeolit modifikasi poliakrilamida di *magnetic stirrer hot plate* 3 jam.
- Proses silanisasi di *magnetic stirrer hot plate* 4 jam.
- Proses sokletasi zeolit 24 jam.
- Pengeringan sampel di oven 24 jam.
4. Massa : Zeolit yang akan dicangkakan 2 gram.

3.3.2 Variabel Bebas

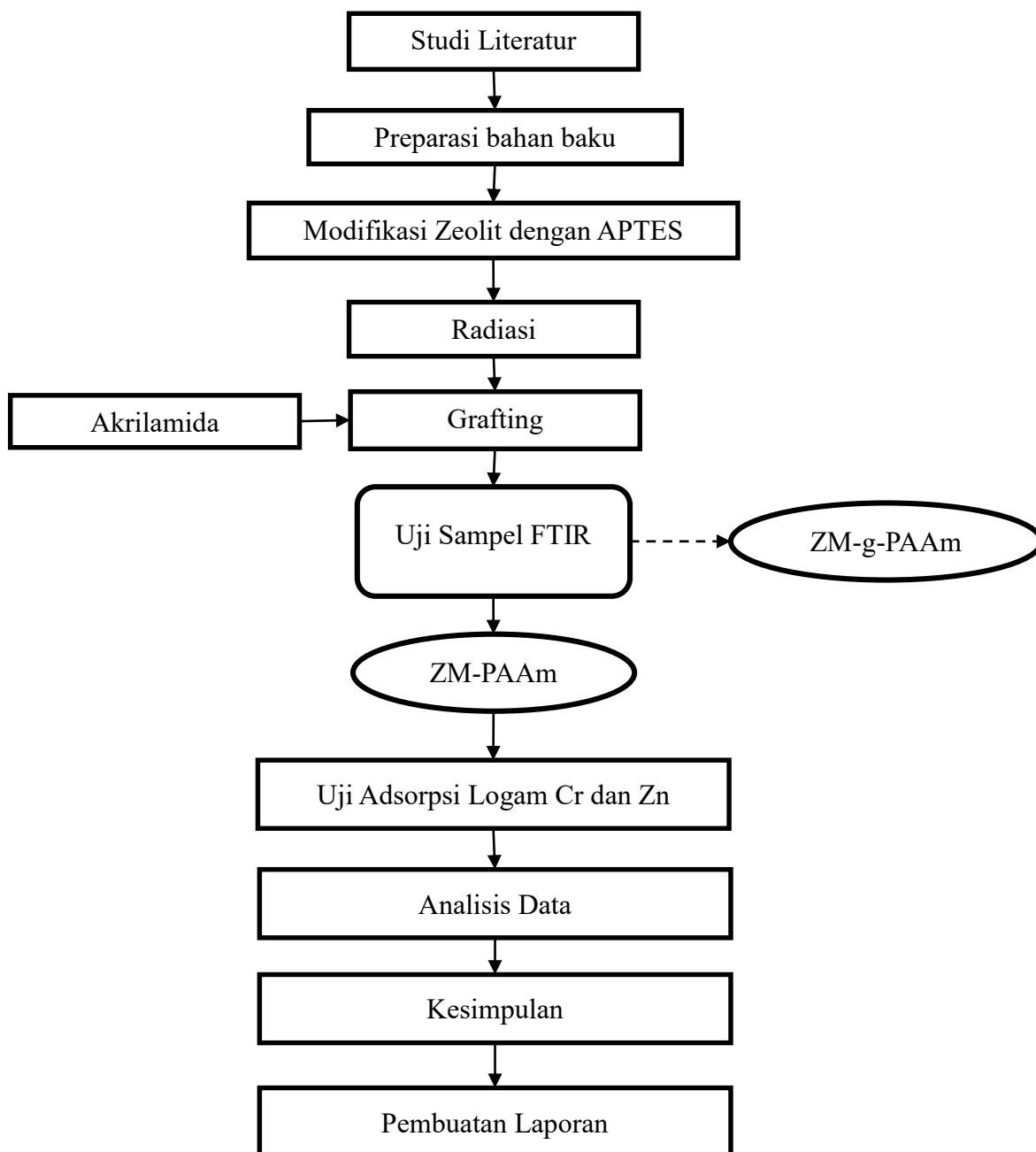
Variabel bebas merupakan variabel yang di variasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan konsentrasi akrilamida dan dosis radiasi. Tabel 3.1 memperlihatkan variasi dosis radiasi dan konsentrasi larutan akrilamida.

Tabel 3.1 Variasi dosis radiasi dan larutan akrilamida

Sampel	Massa Zeolit (gram)	Dosis Radiasi (kGy)	Larutan Akrilamida (%)
Zm 10	2	10	40 dan 50
Zm 25	2	25	
Zm 35	2	35	
Zm 50	2	50	

3.4 Prosedur Penelitian Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (γ) dan Konsentrasi Akrilamida Terhadap Karakteristik Zeolit Termodifikasi/Poliakrilamida Sebagai Adsorben Cr dan Zn

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu preparasi zeolit sebagai bahan baku, pembuatan ZM, pembuatan ZM-g-PAAm dengan metode pencangkakan, pengujian penentuan gugus fungsi dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Nicolet iS10 serta pengujian adsorpsi logam menggunakan alat AAS Agilent Technologies 200 Series AA. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah zeolit alam dan monomer yang digunakan adalah akrilamida. Sebelumnya zeolit harus dilakukan pencucian terlebih dahulu dengan dilakukan sokletasi selama 24 jam dengan air trides. Pada tahap selanjutnya adalah pembuatan ZM, diawali dengan menambahkan APTES dan trides dengan rasio 1:30 kemudian ditambahkan zeolit. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan ZM-g-PAAm dengan metode pencangkakan, hasil zeolit modifikasi yang terbentuk kemudian diradiasi untuk selanjutnya dilakukan proses pencangkakan dengan monomer akrilamida menggunakan metode pra iradiasi sederhana. Setelah itu dilakukan proses penyaringan dan penghalusan untuk dilakukan pengujian. Berikut skema prosedur penelitian.



Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian

3.4.1 Preparasi Bahan Baku

Proses pembuatan ZM-g-PAAm dimulai dengan pencucian zeolit yaitu ditimbang 300 gram zeolit dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian dilakukan proses pencucian dengan cara sokletasi menggunakan aquades sebanyak 600 mL selama 24 jam (3 x 8 jam) dengan temperatur 80°C. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan zeolit dari zat pengotor. Setelah dicuci kemudian

zeolit dihaluskan menjadi bentuk bubuk dengan pengayakan ≥ 60 mesh dan dimasukkan ke dalam desikator[31].

3.4.2 Pembuatan Zeolit Termodifikasi

Zeolit bubuk sebanyak 100 gram ditambahkan kedalam larutan *aminopropyl-trietoxy-silane* (APTES) yang telah dicampurkan dengan trides dengan rasio volume APTES dan trides 1:30. Campuran zeolit dan APTES diaduk selama 4 jam pada temperatur 60°C menggunakan *magnetic stirrer hot plate*. Kemudian disaring, dicuci dengan metanol teknis dan dikeringkan dalam oven dengan temperatur 50°C selama 24 jam. Produk yang dihasilkan dinamakan Zeolit Termodifikasi (ZM)[7,32]

3.4.3 Meradiasikan Zeolit Termodifikasi

Zeolit Termodifikasi yang terbentuk ditimbang 2 gram dan dimasukkan ke dalam botol ampul 150 mL dan ditutup rapat agar radikal yang terbentuk saat zeolit di radiasi tetap terjaga. Setelah itu dilakukan proses radiasi menggunakan *Irradiator Gamma Cell* dengan variasi dosis radiasi 10; 25; 35; 50 kGy [20].

3.4.4 Pembuatan Larutan Akrilamida dan Toluena

Larutan akrilamida dan larutan toluena tercampur kemudian akan dimasukkan ke dalam botol ampul yang selanjutnya akan dilakukan proses pencangkakan dengan zeolit yang telah di radiasi.

1. Pembuatan larutan akrilamida

Akrilamida padatan dilarutkan menggunakan aquades dengan variasi konsentrasi larutan 40% dan 50%. Larutan tersebut kemudian dipipet masing-masing 25 mL.

2. Pembuatan larutan toluena

Larutan toluena dipipet 25 mL dan dimasukkan ke dalam larutan akrilamida.

3.4.5 Pencangkakan Zeolit Termodifikasi-Poliakrilamida (ZM-g-PAAm)

Pencangkakan ZM dengan monomer akrilamida menggunakan metode *grafting* pra-iradiasi sederhana dengan aliran gas nitrogen. ZM yang telah diradiasi dimasukkan campuran larutan monomer akrilamida dan toluena. Setelah itu dilakukan proses pencangkakan menggunakan aliran gas nitrogen serta pengadukan di *magnetic stirrer hot plate* pada temperatur 60°C, dan kecepatan pengadukan 250

rpm selama 3 jam. Proses pencangkokan ini menghasilkan zeolit yang tercangkok dengan poliakrilamida yang selanjutnya disebut ZM-g-PAAm[20].

3.4.6 Penyaringan

Penyaringan dan pencucian ZM-g-PAAm menggunakan aquades serta etanol teknis. ZM-g-PAAm yang telah mengalami proses pencucian kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 50°C.

3.4.7 Penghalusan Sampel

ZM-g-PAAm yang telah kering dihaluskan menggunakan mortar agar memudahkan dalam proses selanjutnya yaitu karakterisasi gugus fungsi dan pengujian kapasitas adsorpsi. ZM-g-PAAm yang telah dihaluskan kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel.

3.4.8 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Pengujian Komposisi ZM-g-PAAm dengan FTIR adalah untuk menganalisa gugus fungsi yang terkandung di dalam ZM-g-PAAm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel akrilamida, zeolit, ZM dan sampel ZM-g-PAAm 25 kGy dalam bentuk serbuk. Pengujian gugus fungsi menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Nicolet iS10 yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

- Hubungkan kabel instrumen dengan sumber listrik.
- Nyalakan instrument FTIR dengan menekan tombol *power on*, tunggu hingga proses inisiasi selesai.
- Hidupkan komputer, klik ikon *Spectrum*.
- Sebelum melakukan pemindaian sampel, lakukan pemindaian *background* untuk menghilangkan hasil pemindaian lingkungan pada saat pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect background*.
- Letakkan sampel yang sudah dipreparasi pada tempat sampel, kemudian lakukan pemindaian sampel dengan cara mengklik *collect sample*, pastikan parameter pemindaian yang dilakukan benar, tunggu hingga proses pemindaian selesai.
- Apabila diperlukan, lakukan perbandingan spektrum yang diperoleh dari hasil pemindaian sampel dengan spektrum polimer standar yang ada di basis data

(*library*) dan lakukan interpretasi pada hasil pemindaian untuk mengetahui analisa gugus yang terkandung pada sampel.

- Simpan hasil pemindaian yang didapat.

3.4.9 Penyerapan Ion Logam

Pengujian penyerapan ion logam ini diukur menggunakan alat AAS Agilent Technologies 200 Series AA yang dilakukan di Laboratorium EHS PT Astra International Tbk. Pengukuran adsorpsi dengan menggunakan AAS bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi ZM-g-PAAm sebagai adsorben. Pada penelitian ini logam yang akan diadsorpsi oleh ZM-g-PAAm adalah Cr dan Zn. Sampel ZM-g-PAAm dan zeolit ditimbang sebanyak 20 mg kemudian tiap sampel dimasukkan ke dalam larutan logam Cr dan Zn dengan variasi konsentrasi 5; 10; 25; 50; 100; 250; 500, 750 dan 1000 ppm dan dilarutkan dengan larutan buffer pH 7 untuk logam Cr sedangkan buffer pH 9 untuk logam Zn. Kemudian larutan tersebut dilakukan pencampuran selama 24 jam dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm. Setelah itu konsentrasi akhir ion logam Cr dan Zn dalam larutan diukur dengan AAS sesuai dengan panjang gelombang maksimal tiap logam. Untuk panjang gelombang maksimal logam Cr yaitu 357,9 nm sedangkan logam Zn 213,9 nm. Perhitungan nilai kapasitas penyerapan (q_e) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$q_e \text{ (mg/g)} = \frac{(C_0 - C_t)}{W} \times V \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

q_e = kapasitas penyerapan ion logam (mg/g)

C_0 = konsentrasi awal ion logam (mg/L)

C_t = konsentrasi akhir ion logam (mg/L)

V = volume larutan ion logam (L)

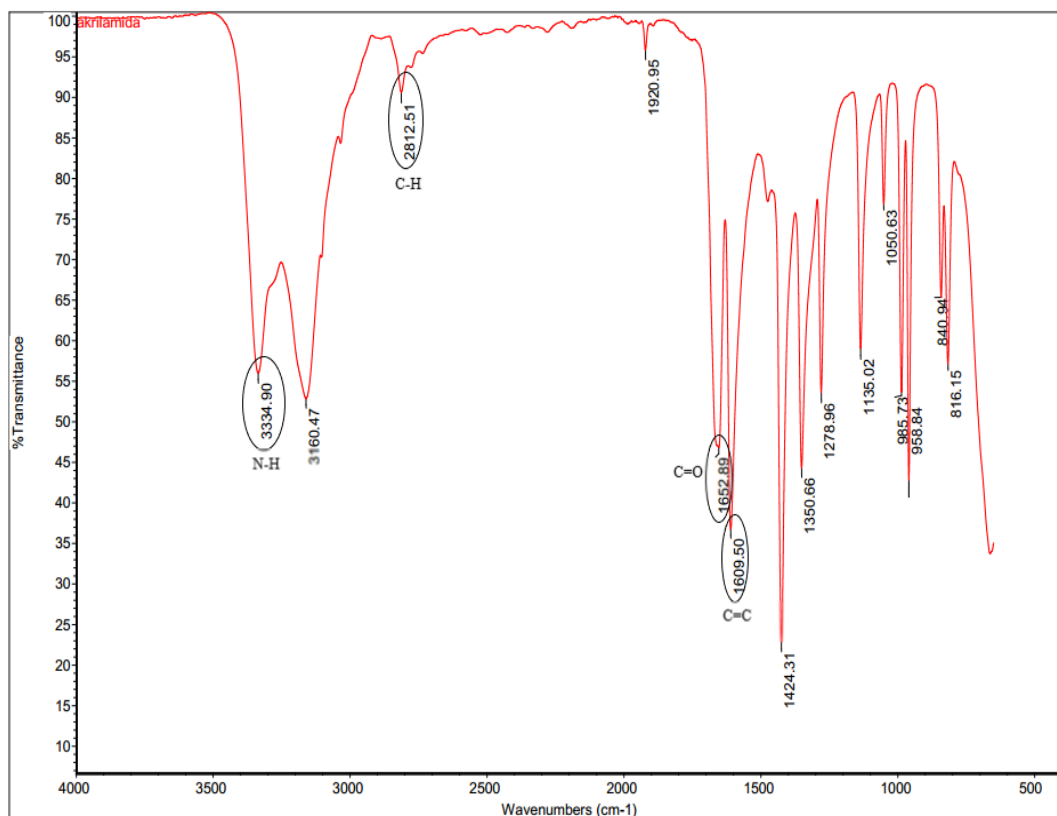
W = bobot adsorben (g)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Gugus Fungsi ZM-g-PAAm dengan FTIR

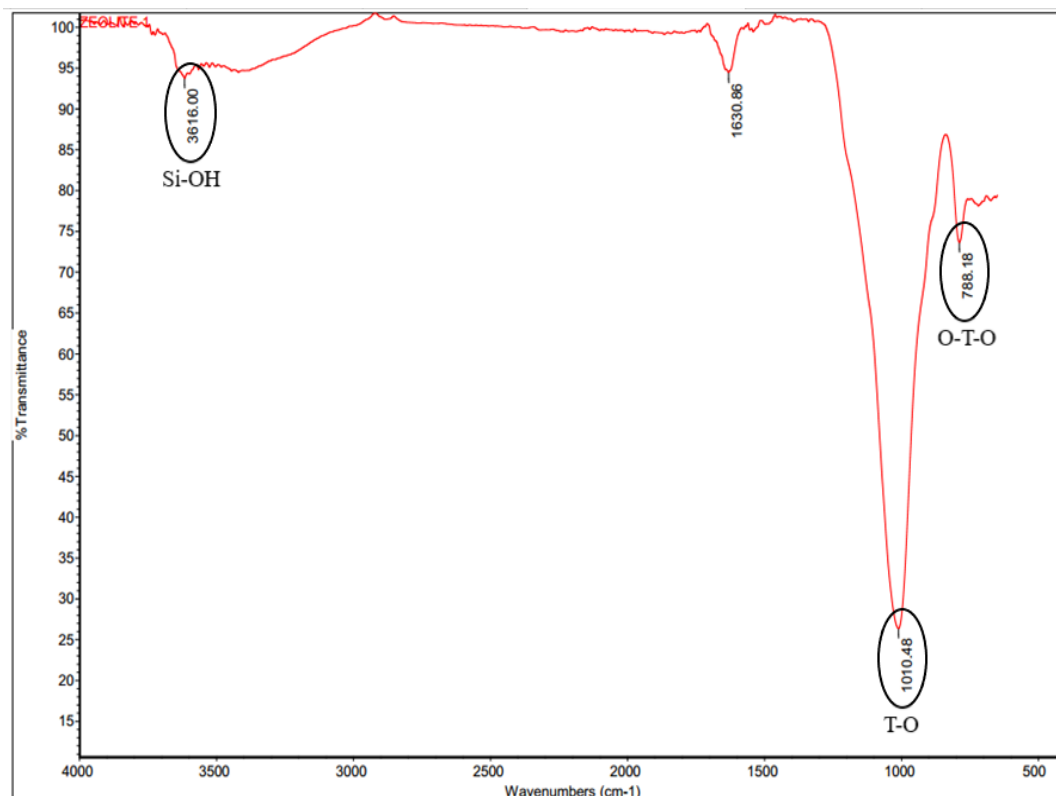
Karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dilakukan untuk menganalisa gugus fungsi dari ZM-g-PAAm, serta mengidentifikasi terjadinya polimerisasi cangkok dengan menelisik perubahan pada spektra zeolit modifikasi-poliakrilamida. Analisis dengan spektrofotometer FTIR dilakukan terhadap akrilamida, zeolit, ZM, serta ZM-g-PAAm dimana sampel yang dianalisa ditentukan berdasarkan nilai tertinggi bobot kering ZM-g-PAAm pada konsentrasi monomer 50% dan dosis radiasi 25 kGy.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR akrilamida.

Pada gambar 4.1 hasil spektrum FTIR akrilamida terdapat beberapa puncak yang dapat mengindikasikan struktur dan gugus fungsi dari akrilamida. Pada bilangan gelombang $3334,90 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus amida (NH_2), pada bilangan gelombang $2812,51 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus CH_2 .

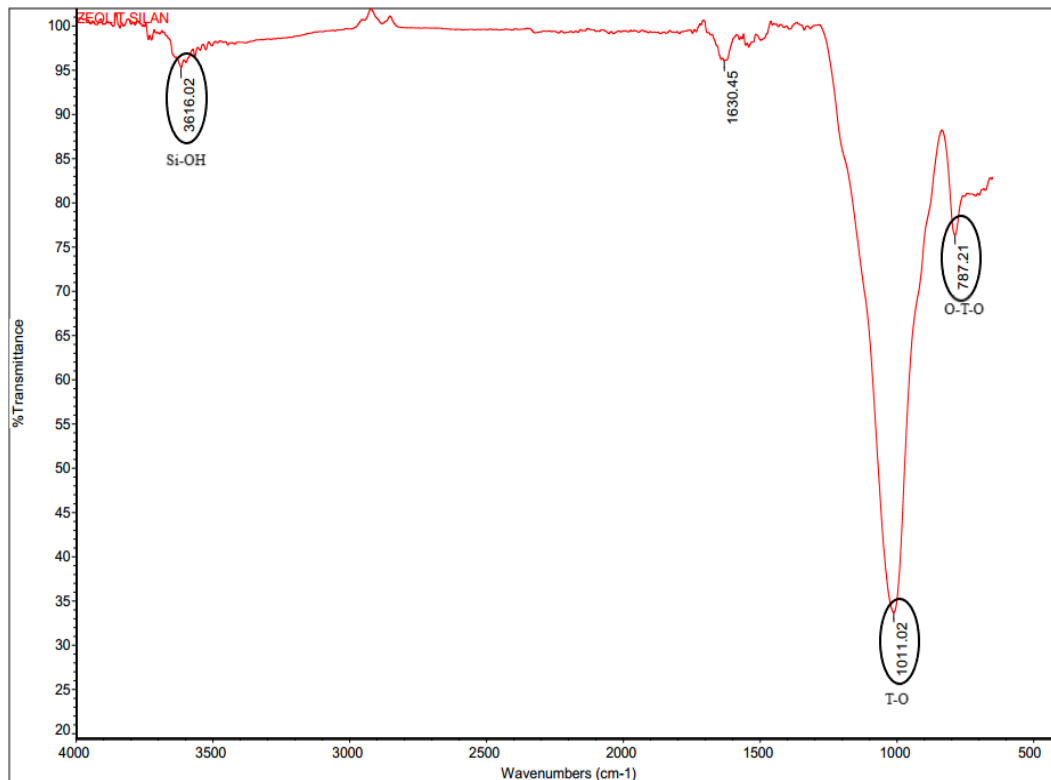
Gugus C=O dan gugus C=C terlihat pada bilangan gelombang $1652,89\text{ cm}^{-1}$ dan $1609,50\text{ cm}^{-1}$, dimana kedua gugus ini juga menjadi ciri khas khusus dari senyawa amida. Berdasarkan hasil pengujian FTIR yang dilakukan didapatkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR yang dilakukan R. Murugan dkk, (1998) [33].



Gambar 4.2 Spektrum FTIR Zeolit

Pada gambar 4.2 hasil spektrum FTIR zeolit terdapat beberapa puncak yang dapat mengindikasikan struktur dan gugus fungsi dari zeolit. Pada bilangan gelombang $3616,00\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya serapan vibrasi gugus OH, pada bilangan gelombang $1630,86\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan zeolit dalam keadaan terhidrasi, dimana molekul air berasosiasi dengan atom Na dan Ca di dalam pori-pori zeolit. Gugus T-O dan gugus O-T-O (T=Si dan Al) terlihat pada bilangan gelombang $1010,45\text{ cm}^{-1}$ dan $788,18\text{ cm}^{-1}$, puncak tersebut menunjukkan adanya vibrasi internal dari ikatan T-O dalam tetrahedral (TO_4) dan serapan vibrasi ulur simetris gugus O-T-O dari zeolit. Hasil pembacaan spektrum FTIR zeolit yang

dilakukan pada penelitian ini tampak tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR yang dilakukan Baybas dan Ulusoy (2016) [34].

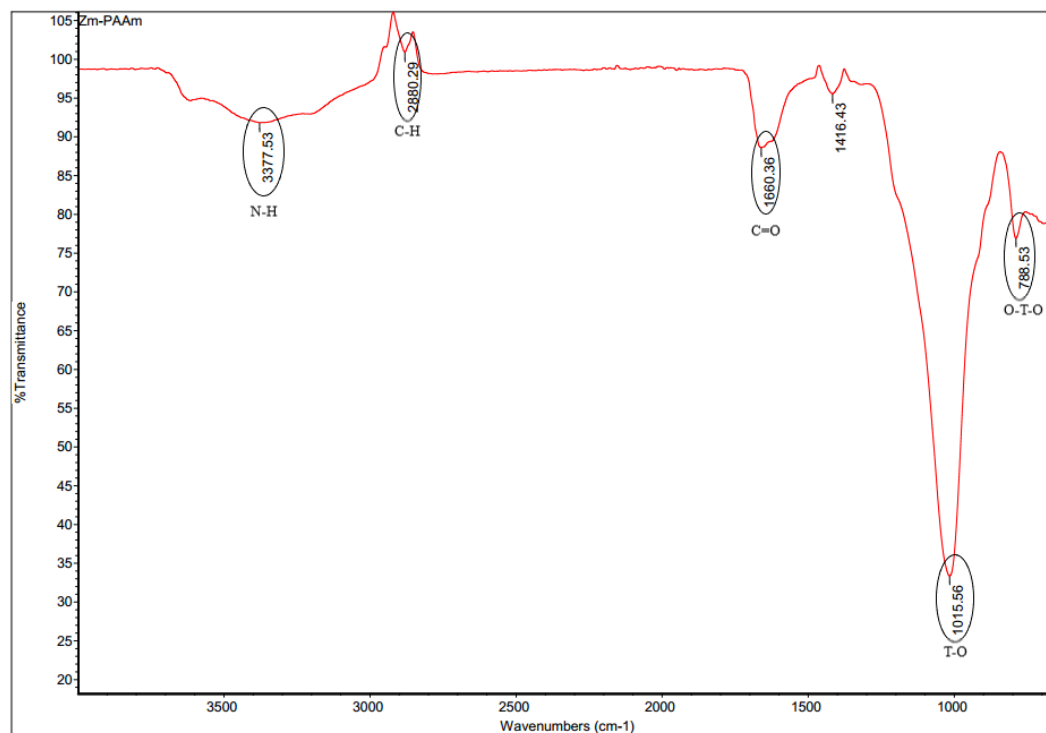


Gambar 4.3 Spektrum FTIR Zeolit Termodifikasi (ZM)

Hasil spektrum FTIR ZM dapat dilihat pada gambar 4.3, dari hasil pembacaan tersebut tidak ada perubahan yang berarti dari struktur zeolit setelah mengalami proses silanisasi. Gugus identik *aminopropyl-triethoxy-silane* (APTES) seperti Si-O-C tidak terlihat pada bilangan gelombang 1100 cm⁻¹ spektrum FTIR zeolit silan. Hal tersebut diindikasikan kecilnya penambahan silan 5% pada proses silanisasi membuat hasil spektra dari jenis ikatan APTES tidak tampak.

Hasil spektrum FTIR sampel ZM-g-PAAm dapat dilihat pada gambar 4.4. Pada gambar 4.4 terdapat beberapa puncak bilangan gelombang yang dapat mengindikasikan struktur dan gugus fungsi dari produk ZM-g-PAAm. Dari gambar tersebut tampak beberapa puncak inti yang mencirikan komponen zeolit dan akrilamida, terjadi pada bilangan gelombang 3317,00 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya serapan vibrasi gugus OH, lalu bilangan gelombang 3377,53 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus amida (NH₂), bilangan gelombang 2880.29 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya gugus C-H (CH₂), bilangan gelombang 1660,36 cm⁻¹

menunjukkan adanya gugus karbonil C=O yang berasal dari akrilamida, serta pada bilangan gelombang $1015,56\text{ cm}^{-1}$ dan $788,53\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi internal dari ikatan T-O dan serapan vibrasi gugus O-T-O dari zeolit.



Gambar 4.4 Spektrum FTIR sampel ZM-g-PAAm

Pada spektrum FTIR sampel ZM-g-PAAm gugus $-C=C-$ tidak tampak lagi pada bilangan gelombang $1609,50\text{ cm}^{-1}$. Hal tersebut mengindikasikan proses polimerisasi akrilamida menjadi poliakrilamida merubah ikatan rangkap $C=C$ menjadi ikatan non rangkap ($C-C$)[15]. Namun pada hasil pembacaan tersebut tidak ditemukan adanya gugus fungsi baru yang mengindikasikan terjadi ikatan struktur diantara zeolit dengan poliakrilamida yang terbentuk, hal tersebut mengindikasikan poliakrilamida tidak tercangkok kedalam rantai struktur zeolit. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti proses radiasi dan grafting yang kurang baik, dimana keberadaan udara bebas dapat mengganggu proses induksi radikal selama proses radiasi ataupun pencangkokkan berlangsung. Berdasarkan hasil pembacaan spektrum disimpulkan komponen yang dihasilkan bukanlah ZM-g-PAAm melainkan zeolit termodifikasi-poliakrilamida (ZM-PAAm)[4].

4.2 Pengaruh Dosis Radiasi Gamma (γ) dan Konsentrasi Terhadap Persentase *Grafting* ZM-g-PAAm

Pada dasarnya dosis radiasi menjadi parameter terpenting dalam menginisiasi suatu radikal, hal tersebut dikatakan pada penelitian yang dilakukan oleh Nasef dan Guven (2012) yaitu *Radiation-grafted copolymers for separation and purification purposes: Status, challenges and future directions*, dimana dosis radiasi menjadi parameter penting dalam mempengaruhi jumlah radikal yang dihasilkan pada sistem pencangkakan dan memiliki dampak kuat pada kelangsungan hidup radikal-radikal[18].

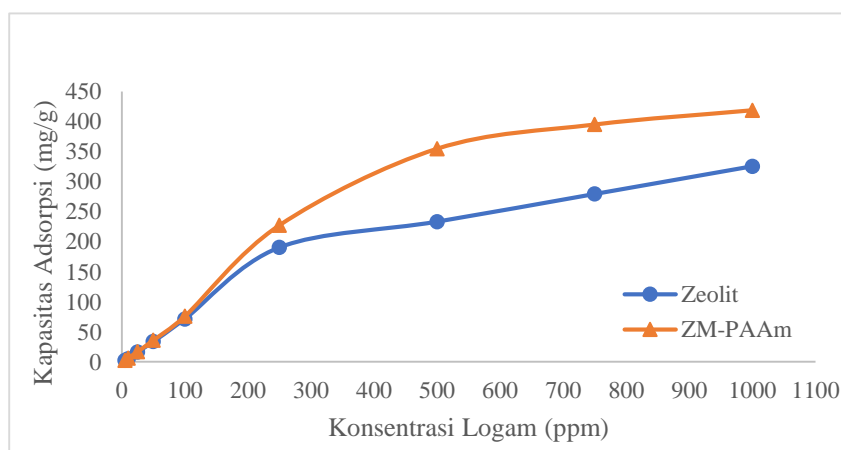
Berdasarkan hasil pembacaan spektrum FTIR sampel ZM-g-PAAm tidak ditemukan adanya gugus fungsi yang mengimplementasikan adanya ikatan secara struktur antara zeolit dan poliakrilamida pada sampel, atau dapat disimpulkan poliakrilamida yang terbentuk tidak tercangkok pada ZM. Kecenderungan ini terjadi akibat kemungkinan adanya udara pada proses radiasi sampel ZM, hal ini dikarenakan sampel ZM tidak diradiasi dalam keadaan vakum. Radikal yang terbentuk pada ZM yang telah diradiasi bereaksi dengan udara bebas pada saat proses radiasi, hal ini mengganggu proses terbentuknya radikal ZM pada saat proses radiasi.

Berdasarkan hal tersebut pada proses *grafting* radikal akrilamida yang terbentuk tidak dapat berikatan dengan radikal ZM, melainkan berikatan dengan radikal akrilamida lainnya dan membentuk poliakrilamida yang mengisi pori-pori dari struktur ZM. Hal ini dapat diminimalkan dengan meradiasi sampel dalam keadaan vakum guna meminimalisir keberadaan udara pada sampel ZM. Keberadaan udara pada proses radiasi mengakibatkan pengaruh dosis radiasi dan variasi konsentrasi tidak terlihat terhadap persentase *grafting* dan hasil akhir yang terbentuk merupakan ZM-PAAm. Namun bobot kering ZM-PAAm dengan variasi larutan akrilamida 50% rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan variasi larutan akrilamida 40%, hal tersebut dikarenakan dengan konsentrasi larutan akrilamida berbanding lurus dengan jumlah molekul akrilamida sehingga menyebabkan poliakrilamida yang terbentuk dengan konsentrasi larutan akrilamida 50% lebih

banyak dibandingkan dengan konsentrasi larutan akrilamida 40%. Massa ZM-PAAm yang dihasilkan terlampir dalam lampiran C.

4.3 Kapasitas Adsorpsi ZM-g-PAAm Terhadap Ion Logam

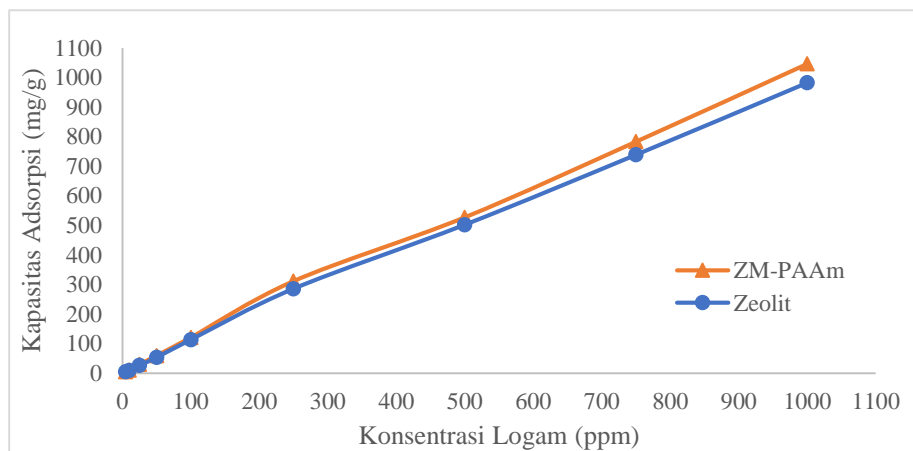
Ion logam yang digunakan untuk penyerapan pada penelitian ini adalah logam kromium (Cr) dan seng (Zn). Hal tersebut dilakukan berdasarkan penelitian Puspitsari dkk (2015) bahwa akrilamida lebih tinggi penyerapannya terhadap logam berat kromium (Cr) dan seng (Zn)[16]. Berdasarkan hasil pembacaan FTIR yang mengindikasikan tidak terjadinya pencangkokkan antara zeolit modifikasi dengan poliakrilamida, maka kapasitas adsorpsi ZM-g-PAAm tidak dapat diketahui. Hal tersebut dikarenakan hasil yang terbentuk bukanlah ZM-g-PAAm melainkan ZM-PAAm. Namun penyerapan ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} tetap dilakukan dengan menggunakan alat AAS Agilent Technologies 200 Series AA terhadap zeolit dan ZM-PAAm dengan nilai bobot kering tertinggi (50% AAm; 25 kGy). Penyerapan ion logam dilakukan terhadap 9 variasi konsentrasi ion logam, perhitungan pembuatan larutan logam serta pembuatan kurva kalibrasi tertera dalam lampiran D dan G. Kemampuan penyerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh konsentrasi dari larutan ion logam tersebut. Hasil pengaruh variasi konsentrasi larutan ion logam Cr^{3+} terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi ion logam Cr^{3+} terhadap kapasitas adsorpsi

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi larutan ion logam mempengaruhi kapasitas adsorpsi pada zeolit dan ZM-PAAm. Pada konsentrasi ion logam 5 ppm sampai dengan 100 ppm terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang cenderung stabil dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi

interaksi molekul antara adsorben dan adsorbat namun tidak terlalu tinggi. Sedangkan pada konsentrasi 100 ppm sampai 250 ppm terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang signifikan hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi interaksi molekul yang tinggi antara adsorben dan adsorbat. Hal ini pula dikarenakan pada konsentrasi 250 ppm terjadi kondisi penyerapan optimum ion logam Cr^{3+} baik pada zeolit dan ZM-PAAm. Selanjutnya pada konsentrasi 500 ppm sampai dengan 1000 ppm peningkatan kapasitas adsorpsi kembali cenderung stabil namun kenaikannya tidak terlalu signifikan dikarenakan setelah terjadi penyerapan maksimum pada konsentrasi 250 ppm, interaksi molekul antara adsorben dan adsorbat mengalami penurunan. Gambar tersebut menunjukkan pula penyerapan maksimum yang diperoleh pada konsentrasi 1000 ppm, dimana kapasitas penyerapan antara ZM-PAAm lebih besar dibandingkan dengan zeolit terhadap ion logam Cr^{3+} . Kapasitas penyerapan untuk zeolit yakni 325,4375 mg/g sedangkan untuk ZM-PAAm yakni 418,875 mg/g.



Gambar 4.6 Pengaruh konsentrasi ion logam Zn^{2+} terhadap kapasitas adsorpsi

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi ion logam mempengaruhi kapasitas adsorpsi pada zeolit dan ZM-PAAm. Pada konsentrasi ion logam 5 ppm sampai dengan 100 ppm terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang cenderung stabil dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi interaksi molekul antara adsorben dan adsorbat namun tidak terlalu tinggi. Sedangkan pada konsentrasi 100 ppm sampai 250 ppm terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang signifikan hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi interaksi molekul yang tinggi antara adsorben dan adsorbat. Hal ini pula dikarenakan pada konsentrasi

250 ppm terjadi kondisi penyerapan optimum ion logam Zn^{2+} baik pada zeolit dan ZM-PAAm. Selanjutnya pada konsentrasi 500 ppm sampai dengan 1000 ppm peningkatan kapasitas adsorpsi kembali cenderung semakin meningkat dikarenakan pada konsentrasi tersebut terjadi interaksi molekul antara adsorben dan adsorbat yang tinggi seiring meningkatnya konsentrasi ion logam Zn^{2+} . Gambar tersebut menunjukkan pula penyerapan maksimum yang diperoleh pada konsentrasi 1000 ppm, dimana kapasitas penyerapan antara ZM-PAAm terhadap ion logam Zn^{2+} lebih besar bila dibandingkan dengan zeolit. Kapasitas penyerapan untuk zeolit yakni 982,5 mg/g dan komposit ZM-PAAm yakni 1046,25 mg/g.

Hasil pengujian penyerapan ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} pada sampel zeolit dan ZM-PAAm dengan menggunakan AAS Agilent Technologies 200 Series AA menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi ZM-PAAm mempunyai hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit. Hal ini sesuai dengan literatur seperti pada jurnal *polyacrylamide-clinoptilolite/ γ -zeolite composites: characterization and adsorptive features for terbium*, yang menyimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi dari komposit yang dibuat yaitu ZM-PAAm lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit[4]. Perhitungan dan hasil perhitungan mengenai kapasitas adsorpsi dari kedua ion logam terlampir dalam lampiran E dan F.

Kapasitas adsorpsi zeolit dan komposit ZM-PAAm terhadap ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} keduanya memiliki kapasitas penyerapan ion logam maksimum yaitu pada konsentrasi 1000 ppm. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan jumlah molekul dalam larutan bertambah, sehingga meningkatkan interaksi molekul adsorbat dengan adsorben. Interaksi yang tinggi akan menyebabkan laju reaksi, sehingga adsorbat yang terserap semakin besar dan menyebabkan nilai kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan konsentrasi adsorbat[35]. Selain terjadi proses adsorpsi pada pori ZM-PAAm berlangsung pula proses penyerapan ion logam, Poliakrilamida yang telah tercampur pada zeolit mengandung situs-situs aktif berupa gugus amida (NH_2) yang dapat menyerap dan bereaksi dengan ion logam sepanjang rantai molekulnya[36].

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data hasil pengujian serta analisa data dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pembacaan spektrum FTIR tidak mengindikasikan tidak adanya ikatan secara kimia antara struktur zeolit dengan poliakrilamida sehingga mengindikasikan tidak terjadinya proses pencangkokan antara zeolit dan poliakrilamida. Hasil yang terbentuk merupakan ZM-PAAm bukan ZM-g-PAAm.
2. Tidak terlihat adanya pengaruh dosis radiasi sinar gamma (γ) dan variasi konsentrasi larutan akrilamida terhadap persentase *grafting*. Hal tersebut dikarenakan keberadaan udara pada proses radiasi sampel ZM yang mendegradasi radikal yang terbentuk pada sampel ZM, sehingga pada proses *grafting* akrilamida tidak tercangkok pada struktur zeolit.
3. Kapasitas adsorpsi ZM-g-PAAm terhadap ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} tidak dapat diketahui, dikarenakan hasil yang terbentuk bukanlah ZM-g-PAAm melainkan ZM-PAAm. Namun ZM-PAAm mempunyai kemampuan menyerap ion logam Cr^{3+} dan Zn^{2+} lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit. Pada konsentrasi ion logam 1000 ppm terjadi penyerapan maksimum untuk kedua jenis ion logam. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas adsorpsi diperoleh:
 - Untuk ion logam Cr^{3+} kapasitas penyerapan untuk zeolit yakni 325,4375 mg/g dan komposit ZM-PAAm yakni 418,875 mg/g
 - Untuk ion logam Zn^{2+} kapasitas penyerapan untuk zeolit yakni 982,5 mg/g dan komposit ZM-PAAm yakni 1046,25 mg/g.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi penulis menyarankan terkait pelaksanaan penelitian yaitu:

1. Zeolit sebagai bahan baku perlu dilakukan pengukuran luas permukaan terlebih dahulu menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) untuk mengetahui apakah proses pencucian zeolit sudah cukup baik atau tidak.
2. Perlu diadakan analisis pengaruh APTES terhadap struktur ZM.
3. Perlunya pemvakuman sampel zeolit termodifikasi sebelum iradiasi guna meminimalisir kandungan udara pada sampel.
4. Perlunya dilakukan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi, topografi dan kristalografi dari struktur komposit zeolit modifikasi-poliakrilamida.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rehakova, M., Cuvanova, S., Dzivak, M., Rimar, J., dan Gavalova, Z., “Agricultural and Agrochemical uses of Natural Zeolite of the Clinoptilolite Type”, *Curr Opin Solid St M.* 8: 397-404, 2004.
2. Moshoeshoe, M., Nadiye-Tabbiruka, S., dan Obuseng, V., “A Review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites”, *American Journal of Materials Science*, 7(5), 196–221, 2017,
3. Las, T., dan Zamroni, H., “Application of Zeolite in Industries and Environments”, *Jurnal Zeolit Indonesia*, 23–30, 2002.
4. Baybaş, D., dan Ulusoy, U., “Polyacrylamide-clinoptilolite/Y-zeolite composites: Characterization and adsorptive features for terbium”, *Journal of Hazardous Materials*, 187(1–3), 241–249, 2011.
5. Swantomo, D., Megasari, K., dan Saptaji, R., “Pembuatan Komposit Polimer Superabsorben Dengan Mesin Berkas Elektron”, *Jfn*, 2, 143–156, 2008.
6. Mockovčiaková, A., Matik, M., dan Orolínová, Z., “Structural Characteristics of Modified Natural Zeolite”, *Journal of Porous Materials*, 15(5), 559–564, 2008.
7. Figueiredo, H., dan Quintelas, C., “Tailored zeolites for the removal of metal oxyanions: Overcoming intrinsic limitations of zeolites”, *Journal of Hazardous Materials*, 274, 287–299, 2014.
8. Widiastuti, N., Wu, H., Ang, H. M., dan Zhang, D., “Removal of ammonium from greywater using natural zeolite”, 277(1–3), 15–23, 2001.
9. Wang, S., dan Peng, Y., “Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment”, *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 11–24, 2010.
10. Krishnakumar, T., dan Visvanathan, R., “Acrylamide in Food Products: A Review”, *Journal of Food Processing dan Technology*, 05 (07), 2014.
11. Harahap, Y., “Pembentukan Akrilamida dalam Makanan dan Analisisnya”, III(3), 107–116, 2006.
12. Lipp, D., dan Kozakiewicz, J., “Acrylamide Polymers”. in R. E. Kirk dan D.

- Othmer (Eds.), *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (Fifth Edit, Vol. 1, pp. 304–342). John Wiley dan Sons, 2004.
13. Buchholz, F. L., dan Graham, A. T., “Modern Superabsorbent Polymer Technology”, New York: Wiley-VCH, 1998.
 14. Erizal, dan Rahayu., “Thermo-Responsive Hydrogel of Poli Vinyl Alcohol (Pva)-Co-N-Isopropyl Acrylamide (Nipaam) Prepared By grafting Radiation As a Matrix Pumping / on-Off System”, 9(1), 19–27, 2009.
 15. Anah, L., Astrini, N., Suharto, Nurhikmat, A., dan Haryono, A., “Studi awal sintesa komposit hidrogel polimer superabsorben carboxymethyl cellulose-graft-poly(acrylic acid)/montmorilonit melalui proses kopolimerisasi cangkok”, *Berita Selulosa*, 45, 1–8, 2010.
 16. Puspitasari, T., Oktaviani, P. D. ., Nurfilan, E., dan Darwis, D., “Study of Metal Ions Removal from Aqueous Solution by Using Radiation Crosslinked Chitosan-co-Poly(Acrylamide)-Base Adsorbent”, *Journal of Macromol Symp*, 168–177, 2015.
 17. Hegazy, E. S. A., Abdel-Rehim, H. A., Kamal, H., dan Kandeel, K. A., “Advances in radiation grafting, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research”, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 185(1–4), 235–240, 2001.
 18. Nasef, M. M., dan Güven, O., “Radiation-grafted copolymers for separation and purification purposes: Status, challenges and future directions”, *Progress in Polymer Science*, 37(12), 1597–1656, 2012.
 19. Stannett, V. T., “Co-polymerization and grafting”, *Radiation Physics and Chemistry*, 35, 82–87, 1990.
 20. Nuryanthi, N., Yamaki, T., Ogawa, A. K., dan Koshikawa, H., “Ion-Track Grafting of Vinylbenzyl Chloride into Poly (ethylene-co-tetrafluoroethylene) Films Using Different Media”, 40(4), 359–362, 2015.
 21. Treybal, R. E., “Mass-Transfer Operations. Chemical Engineering Science”, Vol. 5, 1981.
 22. Elysabeth, T., “Adsorpsi Logam Berat Besi dan Timbal Menggunakan Zeolit Alam Bayah Teraktivasi”, 1(1), 1–4, 2015.

23. Yarahmadi, S. S., dan Ansari, M. R., "Ecological risk assessment of heavy metals (Zn, Cr, Pb, As and Cu) in sediments of Dohezar River", North of Iran, Tonekabon city. *Acta Ecologica Sinica*, 1-9, 2016.
24. Sciencelab.com., "Material Safety Data Sheet Chromium Oxide MSDS", 4, 1-6, 2013.
25. Miretzky, P., dan Cirelli, A. F., "Cr(VI) and Cr(III) removal from aqueous solution by raw and modified lignocellulosic materials", *Journal of Hazardous Materials*, 180(1-3), 1-19, 2010.
26. Sciencelab.com., "Material Safety Data Sheet: Zinc Oxide", 1-6, 2013
27. Stuart, B., "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications", John Wiley and Sons, 2004.
28. Gilmutdinov, A. K., "Atomic Absorption, Theory. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry", 3rd ed., Vol. 1, 2010.
29. Hill, S. J., dan Fisher, A. S., "Atomic Absorption, Methods and Instrumentation. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry", 3rd ed., 2010.
30. Underwood dan Day, R.A. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
31. Puspitasari, T., Kadja, G. T. M., Radiman, C. L., Darwis, D., dan Mukti, R. R., "Two-step preparation of amidoxime-functionalized natural zeolites hybrids for the removal of Pb²⁺ ions in aqueous environment", *Materials Chemistry and Physics*, 216(10), 197-205, 2018.
32. Khan, I. A., dan Yasin, T., "Development of Amidoxime Functionalized Silica by Radiation-Induced Grafting", *Journal of Applied Polymer Science*, 45437, 1-7, 2017.
33. Murugan, R., Mohan, S., dan Bigotto, A., "FTIR and polarized Raman spectra of acrylamide and polyacrylamide", *J. Kor. Phys. Soc.*, 32(4), 505-512, 1998.
34. Baybaş, D., dan Ulusoy, U., "Adsorptive features of polyacrylamide-aluminosilicate composites for methylene blue", *Turkish Journal of Chemistry*, 40(1), 147-162, 2016.

35. V. Christian Taty-Costodes, Henri Faudet, Catherine Porte, Alain Delacroix, "Removal of Cd(II) and Pb(II) ions, from aqueous solutions, by adsorption onto sawdust of *Pinus sylvestris*", 2003.
36. Erizal, "Sintesis Hidrogel Superabsorben Poli(Akrilamida-Kokalium Akrilat) dengan Teknik Radiasi dan Karakterisasinya", *A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation*. 2(2): 105-116. 2010.

LAMPIRAN A

GAMBAR ALAT DAN BAHAN



Gambar neraca analitik



Gambar botol ampul kaca 150 mL



Gambar alat soxhlet



Gambar oven



Gambar ayakan 60 mesh



Gambar irradiator gamma cell



Gambar blender *stainless*
waring CB15V



Gambar *magnetic stirrer* hot plate



Gambar *Fourier Transform*
Infrared (FTIR)



Gambar *Atomic Adsorption*
Spectrofotometer (AAS)



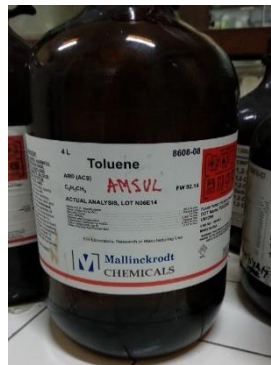
Gambar zeolit klinoptilolit



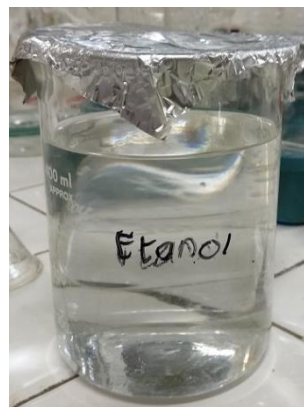
Gambar akrilamida



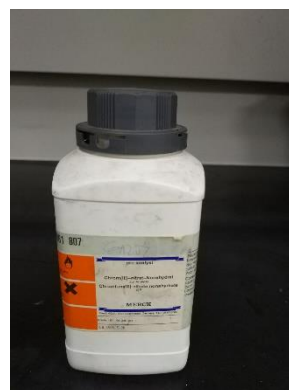
Gambar Aquades



Gambar toluene

Gambar *Aminopropyl-trietoxy-silane*
(APTES)

Gambar etanol teknis

Gambar $(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ Gambar $\text{CrN}_3\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

LAMPIRAN B
GAMBAR PROSES PENELITIAN



Gambar Pencucian zeolit dengan cara sokletasi



Gambar pembuatan zeolit termodifikasi



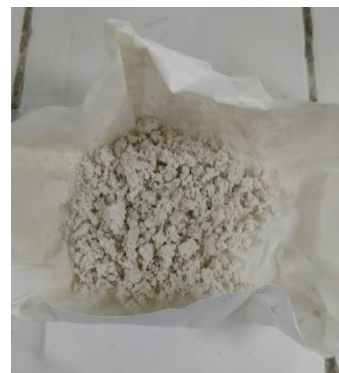
Gambar hasil ZM



Gambar proses *grafting* ZM-g-PAAM



Gambar pencucian ZM-g-PAAM



Gambar hasil ZM-g-PAAM



Gambar ZM-g-PAAM yang telah dihaluskan



Gambar sampel untuk pengujian adsorpsi dengan AAS

LAMPIRAN C

HASIL SINTESIS KOMPOSIT ZEOLIT TERMODIFIKASI- POLIAKRILAMIDA (ZM-PAAm)

Hasil sintesis zeolit termodifikasi-poliakrilamida (ZM-PAAm) dengan konsentrasi akrilamida 40%

Dosis Radiasi (Kgy)	Berat Zeolit (g)	Volume AAm (ml)	Berat ZM-PAAm + Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring (g)	Berat ZM-PAAm (g)
10	2,0000	25	2,5020	0,3656	2,1364
25	2,0010	25	5,1758	1,3089	3,8669
35	2,0011	25	4,8973	1,2306	3,6667
50	2,0010	25	4,7923	1,1200	3,6723

Hasil sintesis zeolit termodifikasi-poliakrilamida (ZM-PAAm) dengan konsentrasi akrilamida 50%

Dosis Radiasi (Kgy)	Berat Zeolit (g)	Volume AAm (ml)	Berat ZM-PAAm + Kertas Saring (g)	Berat Kertas Saring (g)	Berat ZM-PAAm (g)
10	2,0060	25	5,5140	1,3054	4,2086
25	2,0014	25	6,8449	1,2770	5,5679
35	2,0020	25	6,5893	1,7300	4,8593
50	2,0014	25	5,7870	0,9539	4,8331

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN LOGAM DAN
LARUTAN BUFFER

1. Pembuatan Larutan Induk 1000 mg/L

Ditimbang padatan logam $\text{CrN}_3\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak yang telah dihitung dibawah ini, kemudian ditambahkan aquades dan dimasukkan ke dalam labu ukur, setelah itu ditera sampai tanda batas dan dihomogenkan.

a. Diketahui : Mr $\text{CrN}_3\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ = 400,15 g/mol

Ar Cr = 51,996 g/mol

Ditanya : Massa $\text{CrN}_3\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ untuk membuat larutan induk 1000 ppm

Penyelesaian: $\frac{\text{Mr } \text{CrN}_3\text{O}_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Cr}} \times 1000 \text{ mg Cr}$

$$= \frac{400,15}{51,996} \times 1000 \text{ mg Cr}$$

$$= 1598,5 \text{ mg} = 1,5985 \text{ gram}$$

b. Diketahui : Mr $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ = 400,15 g/mol

Ar Zn = 51,996 g/mol

Ditanya : Massa $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ untuk membuat larutan induk 1000 ppm

Penyelesaian: $\frac{\text{Mr } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Zn}} \times 1000 \text{ mg Zn}$

$$= \frac{297,49}{65,38} \times 1000 \text{ mg Zn}$$

$$= 455,0168 \text{ mg} = 0,4550 \text{ gram}$$

2. Pembuatan Larutan Buffer

a. Pembuatan Larutan Buffer pH 7

Dimasukkan 10 mL larutan CH_3COOH 0,1M ke dalam gelas kimia dan ditambahkan 1000 ml larutan CH_3COONa 0,1M aduk larutan tersebut. Kemudian ditambahkan aquades sampai volume 2000 mL.

b. Pembuatan Larutan Buffer pH 9

Dimasukkan 600 mL larutan NaOH 0,5M ke dalam gelas kimia dan ditambahkan 600 mL larutan KH_2PO_4 0,5M aduk larutan tersebut. Kemudian ditambahkan aquades sampai volume 2000 mL.

3. Pembuatan Variasi Konsentrasi Larutan Logam

Rumus pengenceran larutan

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan :

V_1 = Volume larutan yang akan dipipet

N_1 = Konsentrasi larutan induk

V_2 = Volume larutan 2

N_2 = Konsentrasi larutan 2

a. Larutan logam 750 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 750 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 37,5 \text{ mL}$$

b. Larutan logam 500 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 500 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

c. Larutan logam 250 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 250 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 12,5 \text{ mL}$$

d. Larutan logam 100 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

e. Larutan logam 50 ppm

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

f. Larutan logam 25 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 25 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 1,25 \text{ mL}$$

g. Larutan logam 10 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

h. Larutan logam 5 ppm

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50\text{mL} \times 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ mL}$$

LAMPIRAN E

PERHITUNGAN KAPASITAS ADSORPSI

1. Kapasitas Adsorpsi

Rumus perhitungan kapasitas adsorpsi :

$$q_e \text{ (mg/g)} = \frac{(C_0 - C_t)}{W} \times V$$

Keterangan :

q_e = kapasitas penyerapan ion logam (mg/g)

C_0 = konsentrasi awal ion logam (mg/L)

C_t = konsentrasi akhir ion logam (mg/L)

V = volume larutan ion logam (L)

W = bobot adsorben (g)

a. Perhitungan kapasitas adsorpsi logam Cr terhadap zeolit :

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 5 ppm} &= \frac{(5 - 3,3608)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 2,049 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 10 ppm} &= \frac{(10 - 6,1785)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 4,7769 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 25 ppm} &= \frac{(25 - 12,076)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 16,155 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 50 ppm} &= \frac{(50 - 23,158)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 33,5525 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 100 ppm} &= \frac{(100 - 42,9525)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 71,3094 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 250 ppm} &= \frac{(250 - 97,67)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 190,4125 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_e \text{ (mg/g) 500 ppm} &= \frac{(500 - 313,4)}{0,02} \times 0,025 \\ &= 233,25 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 750 \text{ ppm} = \frac{(750 - 526,55)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 279,3125 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 1000 \text{ ppm} = \frac{(1000 - 739,65)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 325,4375 \text{ mg/g}$$

b. Perhitungan kapasitas adsorpsi logam Cr terhadap zeolit termodifikasi-poliakrilamida:

$$q_e \text{ (mg/g) } 5 \text{ ppm} = \frac{(5 - 3,3422)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 2,0723 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 10 \text{ ppm} = \frac{(10 - 5,038)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 6,2025 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 25 \text{ ppm} = \frac{(25 - 11,5875)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 16,7656 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 50 \text{ ppm} = \frac{(50 - 21,299)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 35,8763 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 100 \text{ ppm} = \frac{(100 - 39,3775)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 75,7781 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 250 \text{ ppm} = \frac{(250 - 68,12)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 227,3500 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 500 \text{ ppm} = \frac{(500 - 216,175)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 354,7813 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 750 \text{ ppm} = \frac{(750 - 433,9)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 395,1250 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) } 1000 \text{ ppm} = \frac{(1000 - 664,9)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 418,8750 \text{ mg/g}$$

c. Perhitungan kapasitas adsorpsi logam Zn terhadap zeolit :

$$q_e \text{ (mg/g) 5 ppm} = \frac{(5 - 1,2609)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 4,6739 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 10 ppm} = \frac{(10 - 2,147)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 9,8163 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 25 ppm} = \frac{(25 - 3,7475)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 26,5656 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 50 ppm} = \frac{(50 - 7,215)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 53,4813 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 100 ppm} = \frac{(100 - 9,02)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 113,7250 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 250 ppm} = \frac{(250 - 21,175)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 286,0313 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 500 ppm} = \frac{(500 - 98,05)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 502,4375 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 750 ppm} = \frac{(750 - 158,8)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 739,0000 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 1000 ppm} = \frac{(1000 - 214)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 982,5000 \text{ mg/g}$$

d. Perhitungan kapasitas adsorpsi logam Zn terhadap zeolit termodifikasi-poliakrilamida:

$$q_e \text{ (mg/g) 5 ppm} = \frac{(5 - 1,2833)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 4,6459 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 10 ppm} = \frac{(10 - 1,589)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 10,5138 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 25 ppm} = \frac{(25 - 1,265)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 29,6688 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 50 ppm} = \frac{(50 - 2,16)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 59,8000 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 100 ppm} = \frac{(100 - 3,17)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 121,0375 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 250 ppm} = \frac{(250 - 0,75)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 311,5625 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 500 ppm} = \frac{(500 - 78,1)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 527,3750 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 750 ppm} = \frac{(750 - 123,5)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 783,1250 \text{ mg/g}$$

$$q_e \text{ (mg/g) 1000 ppm} = \frac{(1000 - 163)}{0,02} \times 0,025$$

$$= 1046,2500 \text{ mg/g}$$

LAMPIRAN F
HASIL KAPASITAS ADSORPSI

1. Kapasitas Adsorpsi ion logam Cr³⁺ terhadap zeolit dan zeolit termodifikasi poliakrilamida (ZM-PAAm)

Zeolit		
Konsentrasi awal ion logam (mg/L)	Konsentrasi akhir ion logam (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
5	3,3608	2,049
10	6,1785	4,7769
25	12,076	16,155
50	23,158	33,5525
100	42,953	71,3094
250	97,67	190,4125
500	313,4	233,25
750	526,55	279,3125
1000	739,65	325,4375

ZM- PAAm		
Konsentrasi awal ion logam (mg/L)	Konsentrasi akhir ion logam (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
5	3,3422	2,0723
10	5,038	6,2025
25	11,588	16,7656
50	21,299	35,8763
100	39,378	75,7781
250	68,12	227,3500
500	216,18	354,7813
750	433,9	395,1250
1000	664,9	418,8750

2. Kapasitas Adsorpsi ion logam Zn²⁺ terhadap zeolit dan zeolit termodifikasi poliakrilamida (ZM-PAAm)

Zeolit		
Konsentrasi awal ion logam (mg/L)	Konsentrasi akhir ion logam (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
5	1,2609	4,6739
10	2,147	9,8163
25	3,7475	26,5656
50	7,215	53,4813
100	9,02	113,7250
250	21,175	286,0313
500	98,05	502,4375
750	158,8	739,0000
1000	214	982,5000

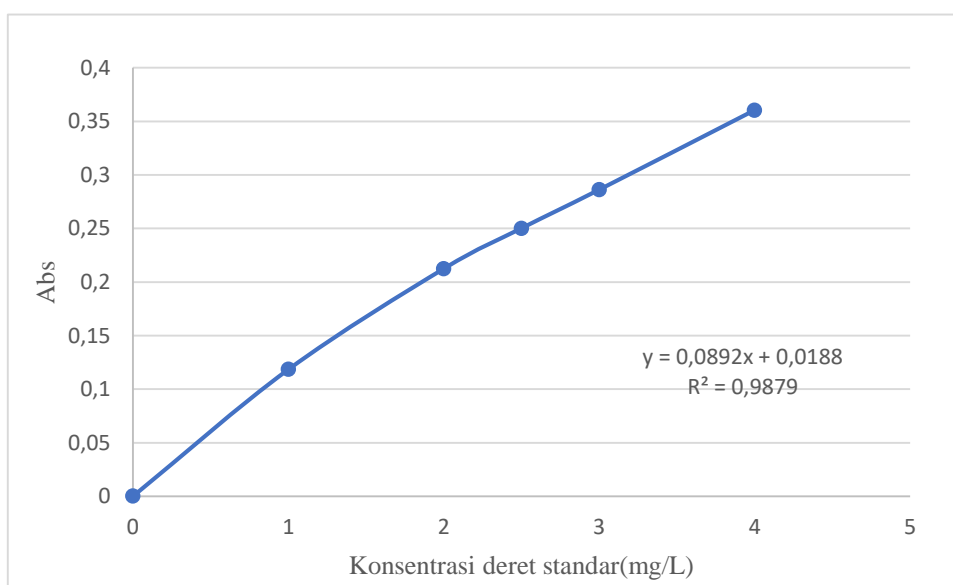
ZM-PAAm		
Konsentrasi awal ion logam (mg/L)	Konsentrasi akhir ion logam (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
5	1,2833	4,6459
10	1,589	10,5138
25	1,265	29,6688
50	2,16	59,8000
100	3,17	121,0375
250	0,75	311,5625
500	78,1	527,3750
750	123,5	783,1250
1000	163	1046,2500

LAMPIRAN G

KURVA KALIBRASI

1. Kurva Standar Larutan Logam Cr

Sampel	Konsentrasi mg/L	Mean Abs
Cal Zero	0	0,0002
Standard 1	1	0,1185
Standard 2	2	0,2125
Standard 3	2,5	0,2502
Standard 4	3	0,2862
Standard 5	4	0,3604



2. Kurva Standar Larutan Logam Zn

Sampel	Conc mg/L	Mean Abs
Cal Zero	0	0
Standard 1	0,3	0,1477
Standard 2	0,6	0,2811
Standard 3	0,9	0,3889
Standard 4	1,2	0,4566
Standard 5	1,5	0,49

