

**STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN  
*POLYELECTROLYTE BILAYER MODIFIED ZEOLITE (PEB-MZ) PAH/PSS*  
SEBAGAI ADSORBEN HDTMA-Br DAN SDS**

**NURLAELA RAMDHANI**

**0303030509**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN KIMIA  
DEPOK  
2008**

**STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN  
*POLYELECTROLYTE BILAYER MODIFIED ZEOLITE (PEB-MZ) PAH/PSS*  
SEBAGAI ADSORBEN HDTMA-Br DAN SDS**

**Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains**

**Oleh:**

**NURLAELA RAMDHANI**

**0303030509**



**DEPOK**

**2008**

SKRIPSI : STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN  
*POLYELECTROLYTE BILAYER MODIFIED ZEOLITE (PEB-  
MZ) PAH/PSS SEBAGAI ADSORBEN HDTMA-Br DAN SDS*

NAMA : NURLAELA RAMDHANI

NPM : 0303030509

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

DEPOK, JULI 2008

Dra. Tresye Utari, M.Si.

PEMBIMBING I

Dr. Yoki Yulizar

PEMBIMBING II

Tanggal Lulus Ujian Sidang Sarjana:.....

PENGUJI I : .....

PENGUJI II : .....

PENGUJI III : .....

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Lafadz Yang Maha Agung atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada segenap keluarga besar H.Ruslan Abdul Gani, kedua orang tua, Bapak dan Mama, Kak Asmawati, Kak Ade serta keponakanku tercinta, Rizki, Rama, Fadhli dan Silvi (In memoriam) untuk kasih sayang, doa, semangat, pengertian dan motivasi yang tiada pernah henti mengalir. Semoga Nur Illahi akan selalu menerangi jalan kita. Amien. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Tresye Utari, M.Si selaku pembimbing dan juga koordinator penelitian serta Bapak DR. Yoki Yulizar selaku pembimbing kedua, terima kasih telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing, memberikan saran dan perhatian selama penelitian berlangsung hingga tersusunnya skripsi ini.
2. Bapak DR. Ridhla Bakri, M.Phil selaku Ketua Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.
3. Ibu. Ir. Widyastuti.S, MSc selaku Koordinator Pendidikan Departemen Kimia FMIPA UI.
4. Bapak Drs. Rahmat Wibowo, MSc selaku Pembimbing Akademik.

5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia untuk ilmu yang selalu tulus diberikan
6. Sahabat terbaikku ; Bintang Bersinarku, Indah Suciarti,S.Farm.Apt. (*Life seems so empty without you...!! those moments we've shared are truly Precious. yuk lari bergandengan tangan dan gapai bintang kita.I just Want to stay in this moment with you forever.*)
7. Teman-teman terbaik; Tia, Vera,Dewi,. Eka&citra(ade'ku di kimia).POPSMU39, pengurus SM FMIPA UI 2003,2004,2005, *spesial for "CORE TEAM"* ,staf SAINSTEKLING, dan SM FMIPA UI 2006 "DEKAT,BERARTI, PEDULI".*Thanks Guys....for the laughter and tears we've been through.*
8. Teman-teman penelitian lantai 3 dan 4 yang berjuang tanpa kenal henti.*Spesial for Santi,Dina,mba Isti,Lany,vena dan Bernard. Thanks a lot.*
9. Rekan-rekan Kimia angkatan 2006, 2005, 2004, 2003, dan 2002.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Akhirnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini. Semoga dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan, yaitu bagi para mahasiswa UI pada khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Juni 2008

Penulis

## ABSTRAK

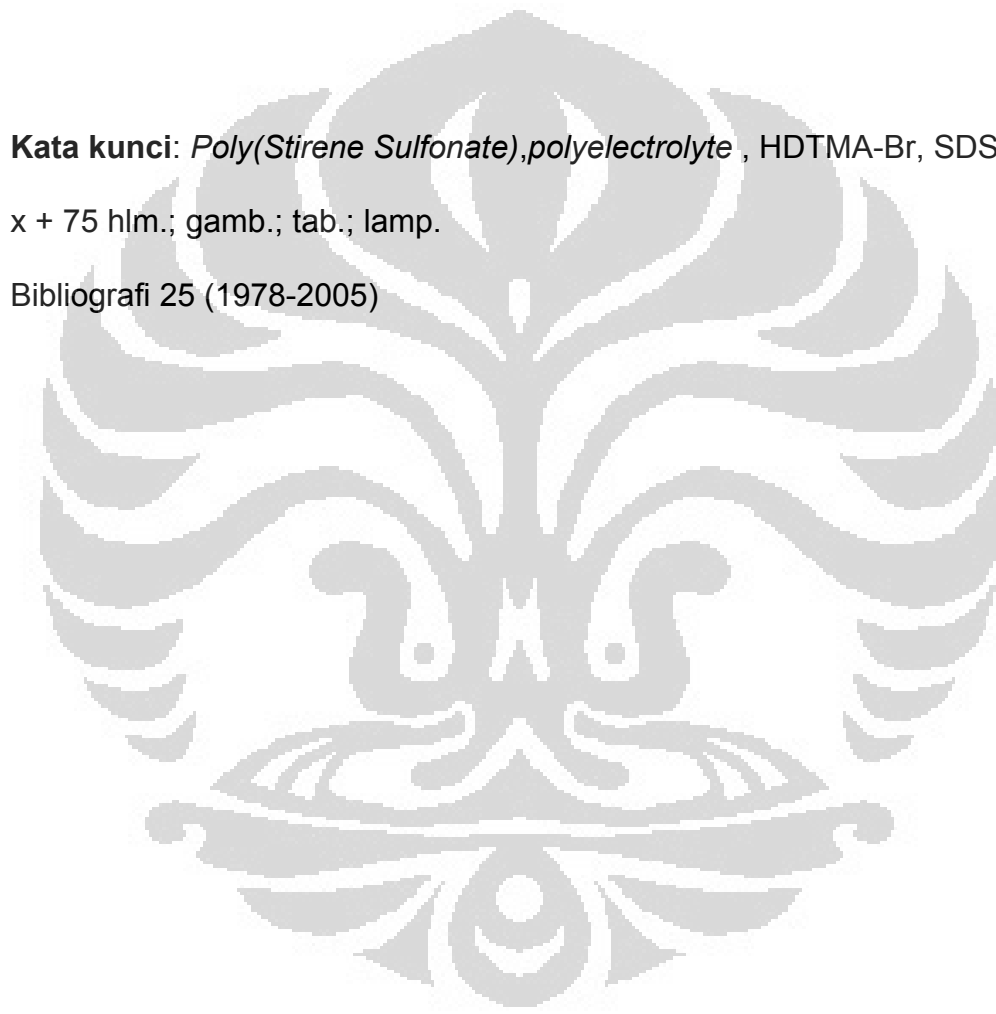
Fabrikasi film polielektrolit terhadap permukaan padatan dengan menggunakan metode adsorpsi *layer by layer* adalah teknik yang menjanjikan untuk memodifikasi permukaan. Sifat penting *Polyelectrolyte Bilayer Modified Zeolite* (PEB-MZ) adalah bahwa PEB-MZ memiliki kelebihan muatan positif dan negatif. Kelebihan muatan ini memungkinkan adsorpsi berbagai macam senyawa dengan interaksi elektrostatik. Penelitian ini memberikan usulan model untuk mengatasi masalah limbah surfaktan dengan metode adsorpsi surfaktan pada adsorben *Polyelectrolyte Bilayer Modified Zeolite* (PEB-MZ) PAH/PSS. Pembuatan PEB-MZ PAH/PSS dibuat dengan membuat *Polymer Modified Zeolite* (PMZ) PAH terlebih dahulu pada kondisi optimum hasil penelitian sebelumnya, kemudian melapisi PSS dengan memvariasikan konsentrasi PSS, pH dan kuat ion. Kondisi optimum PEB-MZ PAH/PSS didapat pada konsentrasi PSS  $5,0 \times 10^{-5}$  M, pH 3 dan konsentrasi kuat ion pada 0.06 M, % PSS yang diadsorpsi sebesar 45.45%. PEB-MZ PAH/PSS diaplikasikan untuk mengadsorpsi HDTMA-Br dan SDS. Hasil HDTMA-Br  $2,0 \times 10^{-2}$  M yang diadsorpsi PEB-MZ PAH/PSS sebesar 93.5% dan SDS  $3,5 \times 10^{-2}$  M yang diadsorpsi pada PEB-MZ PAH/PSS sebesar 32%. Hasil karakterisasi spektrum FTIR PEB-MZ PAH/PSS terlihat adanya puncak serapan pada  $\nu = 714,3 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi regang S-O dari PSS. Hasil karakterisasi spektrum FTIR HDTMA-Br yang

teradsorpsi pada PEB-MZ PAH/PSS terlihat adanya puncak serapan pada  $\nu = 2923,29$  dan  $2851,64 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi regang alifatik  $\text{sp}^3 \text{ C-H}$  dari HDTMA-Br dan pada  $\nu = 1473,27 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi N-H *bending* dari HDTMA-Br.

**Kata kunci:** *Poly(Stirene Sulfonate)*, *polyelectrolyte*, HDTMA-Br, SDS.

x + 75 hlm.; gamb.; tab.; lamp.

Bibliografi 25 (1978-2005)



## DAFTAR ISI

Kata pengantar.....	i
Abstrak.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Lampiran.....	x
BAB I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka.....	4
2.1. Zeolit.....	4
2.2. Polielektrolit.....	13
2.3. Surfaktan.....	17
2.4. Adsorpsi.....	21
2.5. Spektrofotometer Ultra Violet –Visibel.....	33
2.6. Spektrofotometer FTIR.....	39
BAB III Bahan dan Cara Kerja.....	40
3.1. Lokasi Penelitian.....	40



3.2. Bahan.....	40
3.3 Peralatan.....	40
3.4 Cara Kerja.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Aktivasi Zeolit Clinoptilolite.....	48
4.2 Pembuatan PEB-MZ PAH/PSS.....	48
4.3 Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR.....	60
4.4 Aplikasi PEB-MZ PAH/PSS sebagai adsorben HDTMA-Br.....	61
4.5 Aplikasi PEB MZ PAH/PSS sebagai adsorben SDS.....	64
BAB V .KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
Daftar Pustaka.....	68

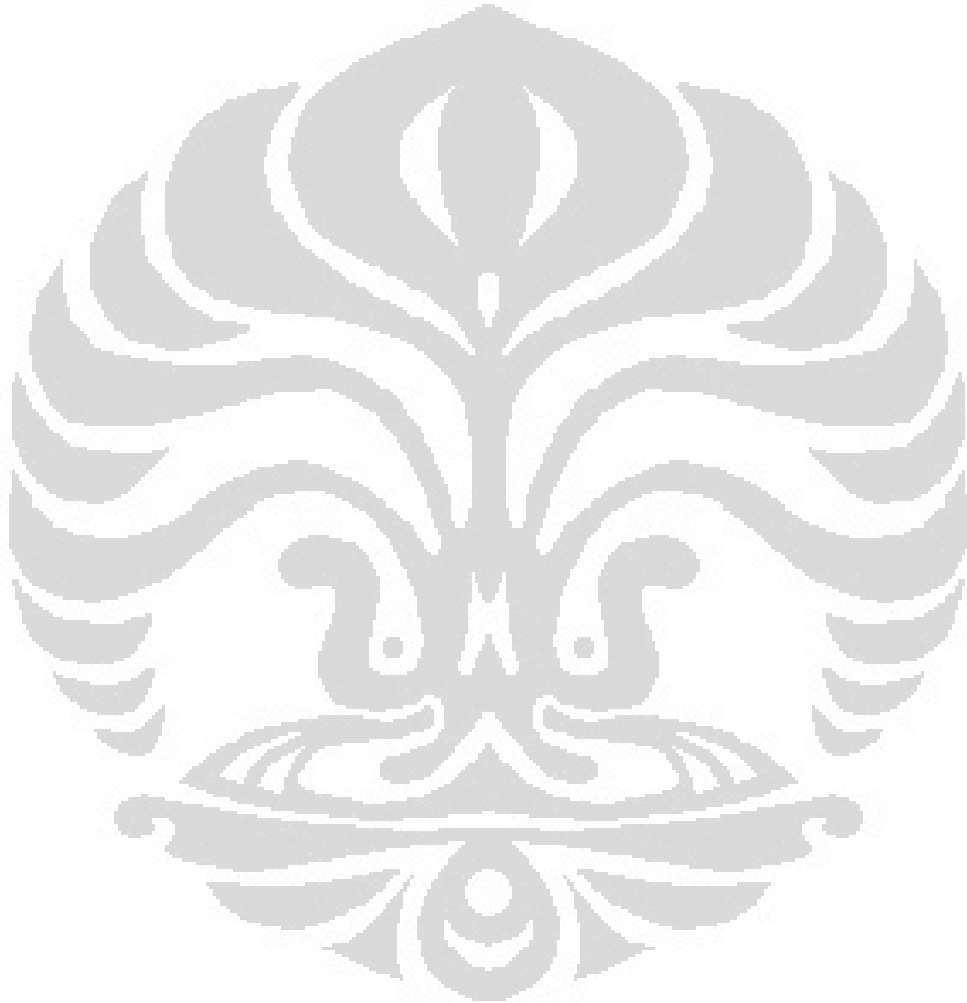
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tetrahedral alumina dan silika ( $TO_4$ ) pada struktur zeolit.....	5
Gambar 2.2. Struktur stereotipe zeolit <i>Clinoptilolite</i> .....	7
Gambar 2.3. Rangka zeolit terbentuk dari ikatan 4 atom O dengan 1 atom Si.....	8
Gambar 2.4. Zeolit <i>Clinoptilolite</i> .....	10
Gambar 2.5. Struktur Polianion PSS dan PAZO.....	14
Gambar 2.6. Struktur Polikation PAH dan PPV.....	15
Gambar 2.7. Poly(allilamine hydrochloride).....	16
Gambar 2.8. Poly(styrene sulfonate).....	17
Gambar 2.9. Struktur Molekul Surfaktan.....	17
Gambar 2.10 Struktur sodium dodecyl sulfat.....	20
Gambar 2.11 Struktur HDTMA-Br.....	21
Gambar 2.12 Mekanisme Adsorpsi Layer by Layer.....	23
Gambar 2.13 Proses adsorpsi <i>subcompensation</i> .....	24
Gambar 2.14 Proses adsorpsi <i>compensation</i> .....	25
Gambar 2.15 Proses adsorpsi <i>overcompensation</i> .....	25
Gambar 2.16 Konformasi <i>rigid rod like</i> polielektrolit pada substrat.....	26
Gambar 2.17 Bridging Interactions.....	27
Gambar 2.18 Skema UV-Visibel.....	35
Gambar 2.19 Skema FTIR.....	38

Gambar 4.1	Kurva kalibrasi standar PSS.....	50
Gambar 4.2	Kurva variasi konsentrasi.....	51
Gambar 4.3	Polielektrolit <i>brushes</i> .....	52
Gambar 4.4	Kurva Isoterm adsorpsi langmuir.....	54
Gambar 4.5	Kurva isoterm adsorpsi freundlich.....	55
Gambar 4.6	Kurva pengaruh pH terhadap adsorpsi PSS .....	57
Gambar 4.7	Konformasi polielektrolit akibat adanya counter ion.....	58
Gambar 4.8	Kurva pengaruh kuat ion terhadap adsorpsi PSS.....	59
Gambar 4.9	Spektrum FTIR zeolit, PMZ dan PEB-MZ.....	60
Gambar 4.10	Kurva kalibrasi HDTMA-Br.....	62
Gambar 4.11	Spektrum FTIR adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ.....	63
Gambar 4.12	Kurva Kalibrasi SDS.....	64

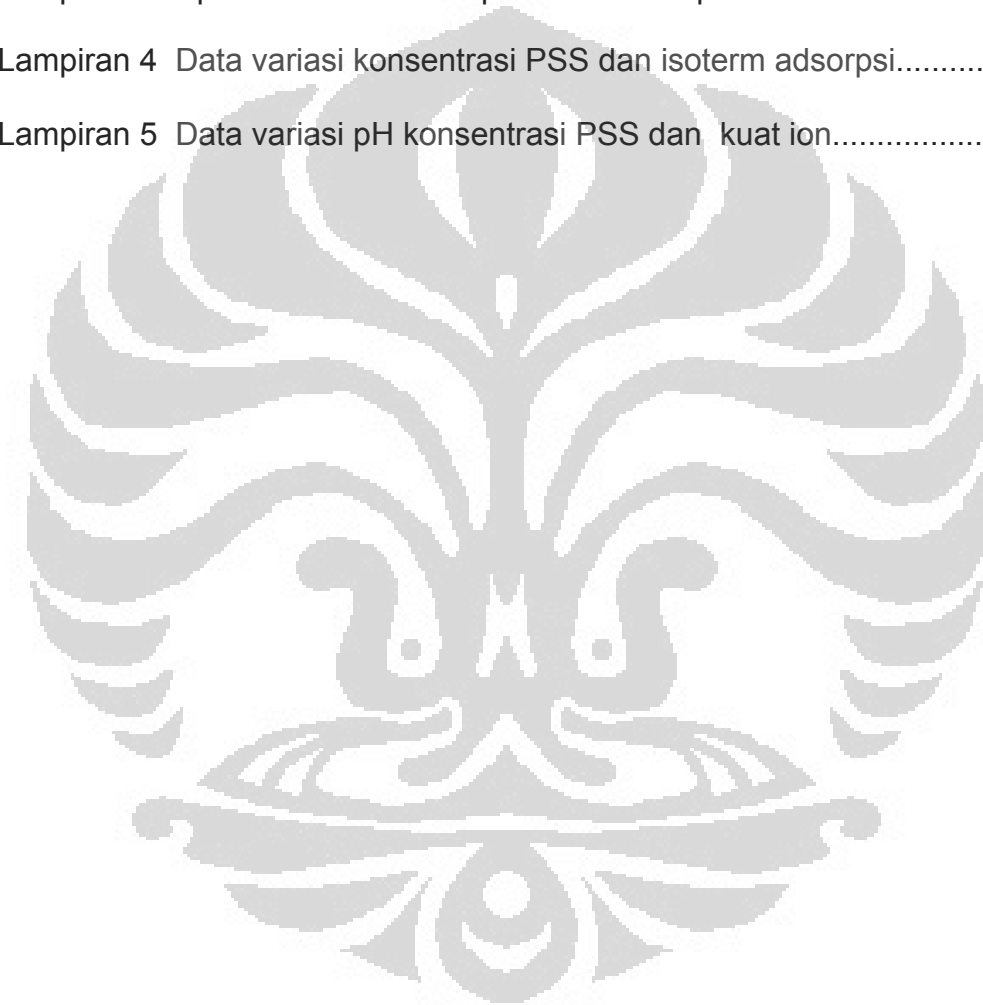
## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Absorbansi standar PSS.....



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Kerja.....	71
Lampiran 2 Spektrum FTIR zeolit, PMZ dan PEB-MZ.....	72
Lampiran 3 Spektrum FTIR adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ.....	73
Lampiran 4 Data variasi konsentrasi PSS dan isoterm adsorpsi.....	74
Lampiran 5 Data variasi pH konsentrasi PSS dan kuat ion.....	75



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan pertumbuhan populasi manusia di berbagai negara di dunia yang semakin meningkat, semakin meningkat pula aktivitas manusia, baik aktivitas rumah tangga maupun aktivitas industri. Tidak sedikit aktivitas manusia tersebut yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan yaitu berupa pencemaran lingkungan terutama adalah pencemaran perairan. Kontaminan terbesar dalam pencemaran perairan adalah surfaktan yang berasal dari limbah industri dan limbah rumah tangga. Sumber surfaktan utama dalam limbah rumah tangga antara lain berasal dari detergen dan shampo.<sup>1</sup>

Studi yang dilakukan untuk menangani masalah pencemaran perairan tersebut salah satunya adalah mempelajari pembuatan dan karakterisasi adsorben sintesis. Metode yang digunakan adalah pelapisan adsorbat pada permukaan zat padat, zat padat yang digunakan adalah zeolit alam *Clinoptilolite*.

*Clinoptilolite* ini akan dilapisi polikation. Polikation memiliki muatan yang berlawanan dengan zeolit sebagai substratnya dan dilanjutkan dengan

pelapisan polianion pada zeolit *clinoptilolite* yang sudah dilapisi polikation. Polikation yang digunakan adalah *poly(allylamine hydrochloride)* (PAH) dan polianion yang digunakan adalah *poly(styrenesulfonate)* (PSS).

Metode yang diajukan diharapkan dapat memberikan hasil adsorpsi yang lebih baik dan dapat menyerap kontaminan surfaktan dengan beragam muatan. Hal ini dimungkinkan karena *Clinoptilolite* telah mengadsorpsi struktur polimer polikation dan polianion yang berbentuk 3 dimensi. Muatan yang ada disekeliling polikation dapat terikat lebih kuat pada zeolit dan polianion juga terikat kuat pada polikation. Adanya kelebihan muatan (*over compensate*) pada lapisan polianion diharapkan memiliki daya serap yang lebih besar terhadap kontaminan. Beberapa parameter seperti konsentrasi polielektrolit polianion, derajat keasaman (pH) dan kuat ion divariasikan pada zeolit *Clinoptilolite* yang telah dimodifikasi oleh polikation secara optimum disamakan untuk membandingkan hasil. Dari pengamatan dan data yang diperoleh akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan informasi seperti nilai tetapan adsorpsi PSS terhadap zeolit *clinoptilolit* yang telah dilapisi oleh polikation, dan juga banyaknya kontaminan yang mampu terserap pada adsorben. Pendekatan ini diharapkan dapat berkontribusi dalam sains dan teknologi permukaan, metode deteksi dan teknologi membran.

Nilai penting yang ingin didapatkan dari penelitian dasar ini adalah untuk memahami proses pembuatan film dan struktur serta karakter dari film yang dihasilkan. Dari penelitian yang dilakukan sejumlah peneliti di bidang sains permukaan, dalam hal ini kajian ilmu adsorpsi menggunakan surfaktan

sebagai medium adsorbennya memberikan hasil kurang maksimal terhadap daya serap kontaminan yang ingin dihilangkan dari sampel.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan adalah memodifikasi zeolit dengan surfaktan kationik membentuk admisel sebagai penukar ion. Zeolit yang mengadsorpsi surfaktan kationik secara bilayer dikenal dengan nama *surfactant modified zeolit (SMZ)*.<sup>2</sup>

Penelitian selanjutnya memodifikasi zeolit alam *Clinoptilolite* dengan polikation PAH, mencari kondisi optimum, yang selanjutnya hasil modifikasi zeolit dengan polikation tersebut disebut *Polymer Modified Zeolite (PMZ) PAH*.<sup>3</sup>

Penelitian yang kami lakukan adalah memodifikasi lebih lanjut PMZ-PAH pada kondisi optimum dari penelitian sebelumnya dengan melapisi polianion *Poly(stirene sulfonate)* yang selanjutnya akan kami sebut sebagai *Polyelectrolyte Bilayer Modified Zeolite (PEB-MZ) PAH/PSS*. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya. Hasil ini selanjutnya diaplikasikan untuk mengadsorpsi *Hexadecyltrimethyl Bromida (HDTMA Br)* dan *Sodium Dodecyl Sulfat (SDS)*. Kedua jenis surfaktan ini berbeda, HDTMA-Br berbentuk kationik bila terlarut, sehingga memungkinkan PEB-MZ untuk berikatan dengan PEB-MZ PAH/PSS sedangkan SDS berbentuk anionik, diharapkan masih dapat berikatan atau terserap dengan PEB-MZ. Adsorpsi HDTMA-Br dan SDS ini digunakan sebagai model selanjutnya untuk mengadsorpsi kontaminan limbah baik limbah detergen, sabun maupun shampoo yang berupa surfaktan bermuatan positif dan negatif .



## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Pembuatan *Polyelectrolyte Bilayer Modified Zeolite* (PEB-MZ) PAH/PSS .
- b. Mencari kondisi optimum pada pembuatan PEB-MZ PAH/PSS dengan variasi konsentrasi PSS, derajat keasaman (pH) dan kuat ion.
- c. Karakterisasi PEB-MZ PAH/PSS menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan FTIR.
- d. Aplikasi PEB-MZ PAH/PSS terhadap adsorpsi HDTMA-Br dan SDS.

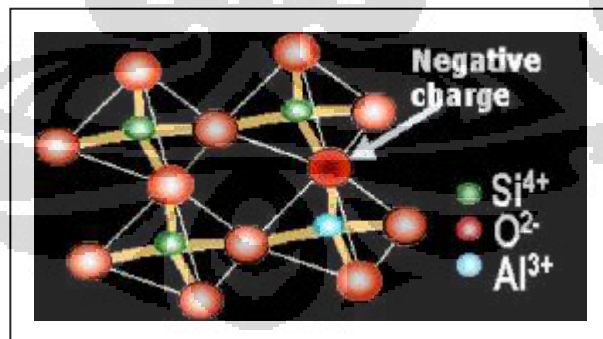
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Zeolit

Zeolit pertama kali ditemukan oleh Freiherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia pada tahun 1756. Istilah zeolit berasal dari bahasa Yunani “zein” yang berarti membuih, dan “lithos” yang berarti batu.

Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasikan sebagai golongan mineral tersendiri, yang pada saat itu dikenal sebagai *molecular sieve material*, untuk menggambarkan kelompok mineral yang memiliki sifat selektif yaitu mampu memisahkan komponen dalam campuran berdasarkan bentuk dan ukuran molekul.<sup>4</sup>



Gambar 2.1. Tetrahedral alumina dan silika ( $TO_4$ ) pada struktur zeolit

Zeolit merupakan mineral aluminasilikat terhidrat yang dapat mengikat molekul air secara reversible. Kerangka dasar struktur zeolit dibentuk oleh

satuan-satuan tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  secara tiga dimensi membentuk rongga-rongga dan saluran-saluran berdimensi molekular yang saling berhubungan satu sama lain melalui penggunaan bersama atom oksigen ujung.

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung unsur silika. Pada saat ini penggunaan mineral zeolit semakin meningkat, dari penggunaan dalam industri kecil hingga dalam industri berskala besar.

### 2.1.1 Struktur Zeolit

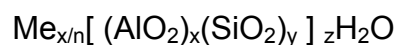
Unit-unit pembentuk struktur zeolit secara garis besar dapat dibagi dua, yaitu:

a. Unit bangun primer

Unit bangun primer merupakan tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ .

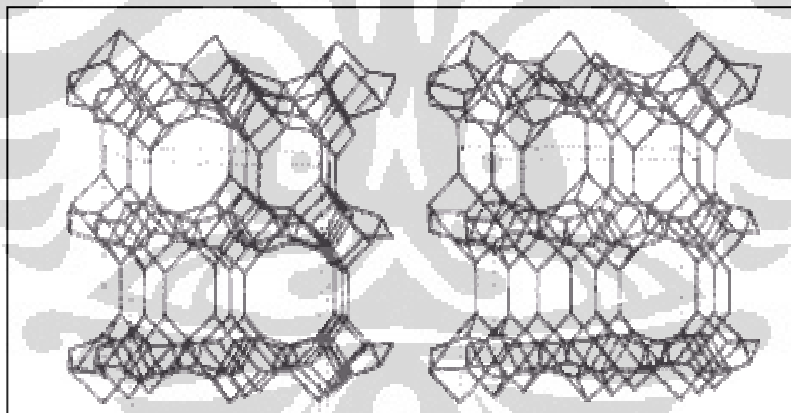
b. Unit bangun sekunder

Unit bangun sekunder zeolit merupakan gabungan unit-unit bangun primer yang dapat membentuk berbagai cincin. Secara umum, unit sel zeolit ditulis sebagai berikut:



Dimana: Me = kation alkali atau alkali tanah  
n = valensi dari kation  
x = bilangan tertentu (2 s.d. 10)  
y = bilangan tertentu (2 s.d. 7)  
z = bilangan tertentu

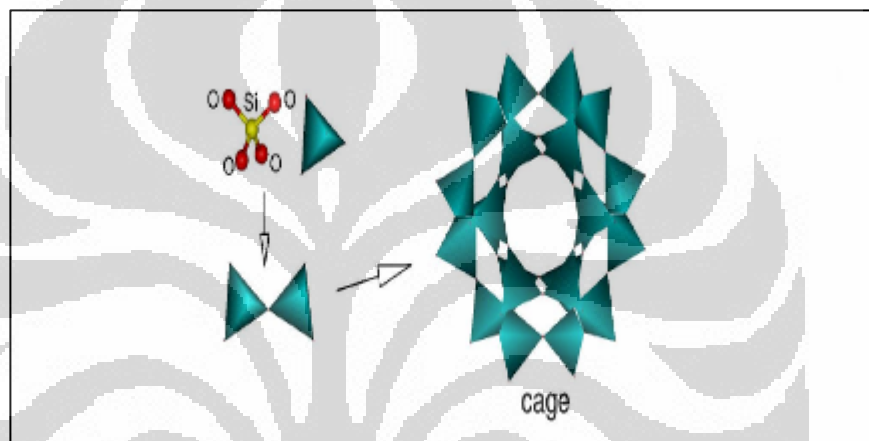
Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tetrahedral, karena berkoordinasi dengan empat atom oksigen. Si<sup>4+</sup> akan digantikan oleh Al<sup>3+</sup> sehingga zeolit cenderung bermuatan negatif dan akan dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah, seperti Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> di dalam rongga-rongganya untuk mencapai senyawa stabil. (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Struktur stereotipe zeolit *Clinoptilolite*

Kation penetral ini terikat kurang kuat di dalam pusat rongga, sehingga dapat bergerak bebas dalam rongga zeolit dan mudah ditukar dengan kation lain yang bermuatan sejenis.

Zeolit berbentuk kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi, dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral.<sup>5</sup> (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 . Rangka zeolit terbentuk dari ikatan 4 atom O dengan 1 atom Si

Zeolit pada dasarnya memiliki tiga variasi struktur yang berbeda yaitu:

- struktur seperti rantai (chain-like structure), dengan bentuk kristal acicular dan prismatic, contoh: natrolit,
- struktur seperti lembaran (sheet-like structure), dengan bentuk kristal platy atau tabular biasanya dengan basal cleavage baik, contoh: heulandit,
- struktur rangka, dimana kristal yang ada memiliki dimensi yang hampir sama, contoh: kabsit.

Zeolit mempunyai kerangka terbuka, sehingga memungkinkan untuk melakukan adsorpsi Ca bertukar dengan  $2(\text{Na},\text{K})$  atau  $\text{CaAl}$  dengan  $(\text{Na},\text{K})\text{Si}$ . Morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas. Morfologi ini terbentuk dari unit dasar pembangunan dasar primer yang membentuk unit dasar pembangunan sekunder dan begitu seterusnya.

### 2.1.2 Jenis-jenis Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dibedakan menjadi dua, yaitu

#### a. Zeolit alam

Secara alami zeolit dapat terjadi di dalam batuan karang vulkanik sebagai endapan karang vulkanik, yang terdiri atas silikon dioksida dan sejumlah kecil alumina. Daerah yang mempunyai kegiatan vulkanik yang telah berlangsung lama dan terus-menerus, merupakan daerah yang biasanya mengandung zeolit.

Komposisi kimia zeolit bergantung pada komposisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat, dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal ini menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya jika diambil dari daerah yang berbeda, karena adanya kombinasi dengan mineral yang berupa partikel halus dan pengotor lainnya. Contoh zeolit alam adalah *Clinoptilolite* (Gambar 2.4), *Mordenit*.



Gambar 2.4. Zeolit *Clinoptilolite*

b. Zeolit Sintetis

Karena sifat zeolit yang unik yaitu susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasi, maka banyak dilakukan pembuatan zeolit sintetis yang memiliki sifat khusus sesuai kebutuhan, menggunakan proses kimia tertentu.

Zeolit sintetis memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan zeolit alam, dan memiliki rasio Si/Al yang dapat disusun sesuai kebutuhan. Bila dilihat dari rasio Si/Al, maka zeolit sintetis dapat dikelompokkan sebagai berikut, yaitu:

i. Zeolit Si rendah

Zeolit ini digunakan untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar karena mempunyai volume pori yang optimum mencapai  $0,5 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  volume zeolit. Daya penukar ion dari zeolit

maksimum bila perbandingan Si/Al mendekati 1. Contohnya zeolit A dan zeolit X.

ii. Zeolit Si sedang

Zeolit jenis ini memiliki perbandingan kadar Si/Al antara 5-10. permukaannya memiliki selektivitas yang tinggi terhadap air dan molekul polar yang lain. Contoh zeolit Si sedang adalah zeolit Omega, zeolit Erionit.

iii. Zeolit Si tinggi

Zeolit jenis ini memiliki perbandingan kadar Si/Al antara 10-100 bahkan lebih. Sifatnya sangat hidrofobik, menyerap molekul yang tidak polar atau berinteraksi lemah dalam air dan molekul yang sangat polar, serta baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Contoh zeolit Si tinggi adalah zeolit ZSM-5.

iv. Zeolit Si (tanpa Al)

Zeolit jenis ini tidak mengandung Al sama sekali, atau dapat dikatakan tidak mempunyai kation penyeimbang sama sekali. Sifat zeolit jenis ini sangat hidrofilik-hidrofobik sehingga dapat mengeluarkan atau memisahkan suatu molekul organik non polar dari suatu campuran air. Contoh zeolit Si adalah silikalit.



### 2.1.3 Penggunaan Zeolit

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion.

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H<sub>2</sub>O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H<sub>2</sub>O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel.

Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi.

Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak.

## 2.2 Polielektrolit

Polielektrolit adalah jenis polimer yang memiliki muatan di sekeliling permukaannya dan bersifat elektrolit. Polielektrolit ini akan terdisosiasi dalam larutan (air), menjadikan polimer ini bermuatan. Sifat-sifat polielektrolit memiliki kemiripan dengan garam elektrolit dan polimer (senyawa dengan berat molekul besar), sehingga seringkali disebut juga dengan *Polysalt*.

Sama halnya seperti asam maupun basa, polielektrolit juga ada yang kuat dan ada yang lemah. Polielektrolit kuat adalah polielektrolit yang dapat terdisosiasi sempurna dalam larutan pada nilai pH berapapun. Sedangkan polielektrolit lemah adalah polielektrolit yang hanya terdisosiasi sebagian dalam larutan bergantung pada nilai konstanta disosiasinya  $pK_a$  atau  $pK_b$  pada range 2 sampai 10. Walaupun polielektrolit lemah tak terionisasi sempurna dalam larutan tetapi banyaknya ion yang terdisosiasi dapat dimodifikasi dengan mengatur pH larutan atau kuat ion.

Sama halnya seperti garam, larutan polielektrolit bersifat konduktif . selain itu, polielektrolit memiliki viskositas seperti polimer. Rantai polimer

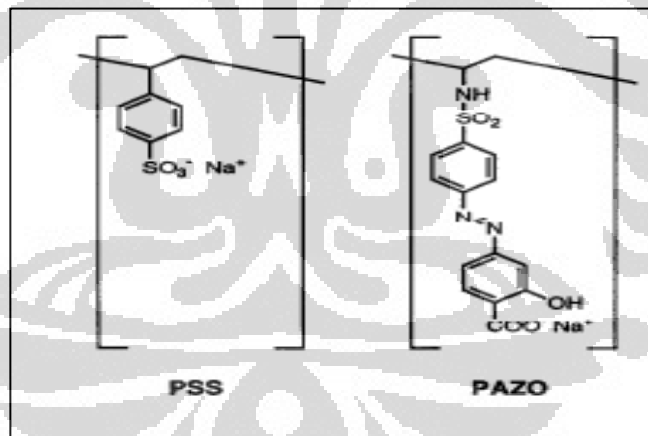
yang bermuatan ini memiliki peranan penting dalam penentuan struktur, stabilitas dan interaksi berbagai macam pembentukan senyawa molekular.

### 2.2.1 Jenis Polielektrolit

Berdasarkan muatan yang ada di sepanjang rantai polielektrolit, maka polielektrolit digolongkan ke dalam tiga bagian, yaitu:

a. Polianion

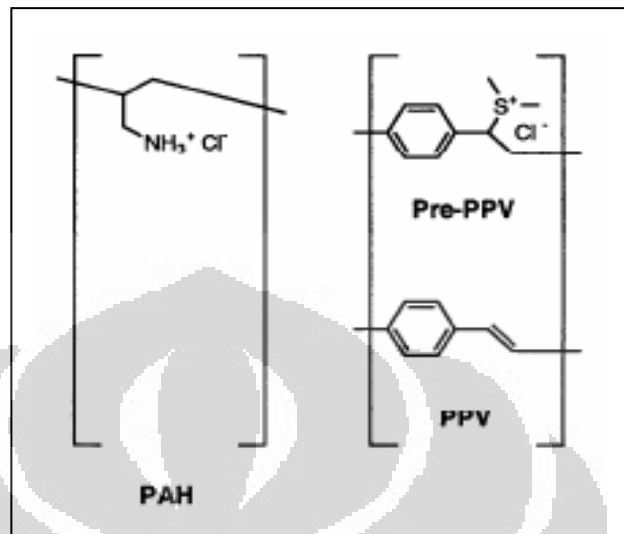
Polianion adalah polielektrolit yang bermuatan negatif di sepanjang rantainya. Contoh : *Polystyrene sulfonate*, *Poly[1-[4-[3-carboxy-4-hydroxyphenylazo]benzene sulfonamido]-1,2-ethanedyl]* (PAZO).



Gambar 2.5. Struktur Polianion PSS dan PAZO

b. Polikation

Polikation adalah jenis polielektrolit yang bermuatan positif di sepanjang rantainya. Contoh : *Poly(allylamine hydrochloride)* dan *Poly-p-phenylene-vinylene*.



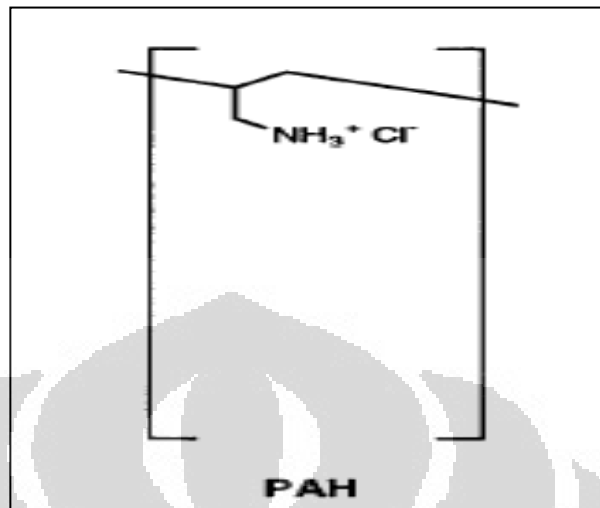
Gambar 2.6 Struktur Polikation PAH dan PPV

### c. *Polyampholyte*

*Polyampholyte* adalah jenis polielektrolit yang memiliki muatan positif maupun negatif di sepanjang rantai polimernya. Contoh: asam amino pada protein.

### 2.2.2 *Poly(allylamine hydrochloride)*

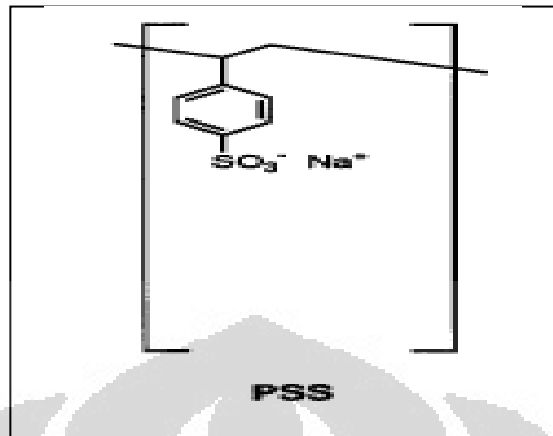
Polikation *poly(allylamine hydrochloride)* ini merupakan jenis polimer elektrolit yang bermuatan positif atau bersifat kationik. Polimer ini biasa disebut dengan PAH. Memiliki berat molekul yang bervariasi berkisar antara 15.000-70.000 gram/mol. Monomer yang terdapat pada PAH ini  $n \approx 576$ . Struktur PAH ditunjukkan oleh Gambar 2.7 di bawah.



Gambar 2.7. Poly(allylamine Hydrochloride)

### 2.2.3 Poly (Stirene sulfonate)

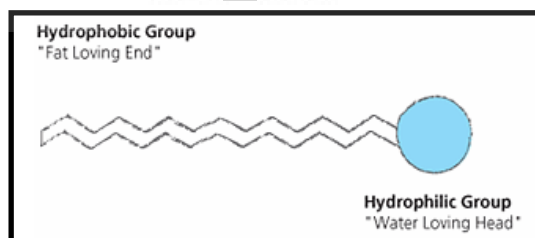
Merupakan jenis polielektrolit bermuatan negatif yang bersifat anionik. Polianion ini biasa disebut PSS. Polianion ini larut dalam air dan tidak larut dalam alkohol lemah. Tampilan fisiknya berupa bubuk putih kekuning-kuningan. Berat molekulnya beragam, berkisar antara 15.000 sampai 70.000 gram/mol. Monomer yang terdapat pada PSS ini  $n \approx 484$ . Struktur *Poly(Stirene sulfonate)* ditunjukkan oleh gambar 2.8 di bawah.



Gambar 2.8. *Poly(Styrene Sulfonate)*

### 2.3 Surfaktan

Surfaktan (*surface active agent*) adalah suatu zat yang teradsorpsi pada antarmuka atau permukaan dan dapat merubah sifat antarmuka, misalnya tegangan permukaan, sifat pembasahan, daya bersih, daya dispersi dan lain-lain. Molekul surfaktan memiliki gugus hidrofobik (tidak suka akan pelarutnya) dan gugus hidrofilik (suka akan pelarutnya) (Gambar 2.9). Gugus hidrofobik pada umumnya hidrokarbon yang terdiri dari 8 sampai dengan 22 atom C, sedangkan gugus hidrofiliknya terdiri atas gugus karboksilat, sulfonat, sulfat, garam ammonium kuarterner dan polioksitilen. (Myers, 1999)



Gambar 2. 9. Struktur molekul surfaktan

### 2.3.1 Klasifikasi Surfaktan <sup>6</sup>

Klasifikasi surfaktan yang paling sering digunakan adalah berdasarkan gugus hidrofiliknya, digolongkan sebagai berikut :

a. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan dengan bagian aktif permukaannya

membawa muatan negatif. Surfaktan yang termasuk golongan ini adalah garam-garam alkali dari asam karboksilat organik dengan panjang rantai biasanya antara C<sub>12</sub> hingga C<sub>18</sub>, alkil sulfat dan alkil atau alkil aril sulfonat.

Contohnya : *Sodium Dodesyl Sulfate* (SDS), CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>OSO<sub>3</sub>Na

Natrium stearat, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COO<sup>-</sup> Na<sup>+</sup>

Natrium Oleat, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COO<sup>-</sup> Na<sup>+</sup>

Natrium Dodesil Benzena Sulfat, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup> Na<sup>+</sup>

b. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan dengan bagian permukaannya

membawa muatan positif. Surfaktan yang termasuk golongan ini adalah garam-garam amina atau diamin, garam ammonium kuarterner dan garam-garam amina siklik.

Contohnya : Dodesilamin Hidroklorida, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> Cl<sup>-</sup>

Dodesiltrimetil Ammonium Bromida, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>15</sub>N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub><sup>+</sup> Br<sup>-</sup>

c. Surfaktan amfoter, yaitu surfaktan yang mengandung muatan positif

maupun negatif pada bagian permukaannya, tergantung pada titik isoelektrik. Pada kondisi dibawah titik isoelektriknya, surfaktan ini bersifat kationik, sedangkan pada titik isoelektrik diatas 7, surfaktan ini bersifat anionik.

Contohnya : Dodesil Betain,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

- d. Surfaktan non ionik, yaitu surfaktan dengan bagian aktif permukaannya tidak membawa muatan (tidak terionisasi di dalam larutan). Molekul surfaktan ini dapat larut karena mempunyai rantai hidrokarbon yang berikatan dengan gugus polar non ionik. Surfaktan yang termasuk dalam golongan ini adalah ester dari polialkohol, kondensat etilen oksida dari alkohol rantai panjang seperti oleil atau asetil alkohol maupun kondensat etilen oksida dari asam lemak.

Contohnya : *Tergitol*,  $\text{C}_{15}\text{POE}_{40}$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{C}_6\text{H}_4\text{O}(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O})_{40}\text{H}$

Poliostilen lauril eter,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_8\text{H}$

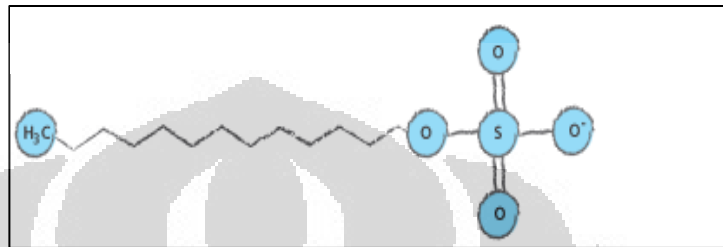
Surfaktan berada bebas dalam larutan bila konsentrasi surfaktan dalam larutan rendah. Tetapi jika konsentrasi surfaktan dalam larutan tinggi hingga mencapai keadaan dimana gugus-gugus hidrofob surfaktan saling bertemu membentuk agregat, maka surfaktan tersebut berada dalam bentuk misel. Konsentrasi surfaktan ketika mulai membentuk misel disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC).

### 2.3.2 *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)

*Sodium dodecyl Sulfat* yang sering disebut SDS merupakan surfaktan anionik yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri pembersih pakaian, peralatan makan dan pembersih rambut karena sifat daya bersihnya yang amat baik.. Produk-produk pembersih tersebut banyak dan



hampir setiap hari digunakan dalam kehidupan masyarakat dan menjadi salah satu kontaminan terbesar dalam pencemaran perairan.<sup>1</sup> Struktur SDS ditunjukkan pada Gambar 2.10 di bawah.



Gambar 2. 10. Struktur *sodium dodecyl sulfate*

### 2.3.2 *Hexadecyltrimethyl Ammonium Bromide (HDTMA-Br)*

*Hexadecyltrimethyl Ammonium Bromide* yang sering disebut HDTMA-Br merupakan surfaktan kationik yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri pembersih lantai, pelembut pakaian dan bahan baku pelengkap pada produk detergen karena sifat daya bersihnya yang baik namun lebih rendah dibandingkan jenis surfaktan anionik.. Produk-produk pembersih tersebut banyak dan hampir setiap hari digunakan dalam kehidupan masyarakat namun kadar pemakaiannya lebih sedikit dibandingkan SDS namun tetap menjadi salah satu kontaminan yang cukup besar dalam pencemaran perairan.<sup>1</sup> Struktur HDTMA-Br ditunjukkan pada Gambar 2.11 di bawah.



Gambar 2.11. Struktur *Hexadecyltrimethyl Ammonium Bromide*

Untuk menentukan kadar surfaktan anionik dalam larutan, digunakan metode *Methylene Blue Alkyl Substance* (MBAS) dan diukur menggunakan spektrofotometer *Visible* pada panjang gelombang 652 nm serta untuk menentukan kadar surfaktan kationik dalam larutan, digunakan metode BPB.<sup>20</sup>

#### **2.4 Adsorpsi**

Pada bidang batas suatu fasa dengan fasa lain terjadi ketidakseimbangan antara gaya kohesi partikel sefasa dengan gaya adhesi partikel antarfasa. Ketidakseimbangan ini menyebabkan sejumlah partikel bergerak ke bidang batas antar fasa dan terakumulasi di sana, sehingga terjadi peristiwa adsorpsi.

Adsorpsi merupakan penyerapan suatu zat terhadap permukaan zat lain. Dalam proses adsorpsi terjadi ikatan yang kuat antara permukaan adsorben dengan molekul-molekul adsorbat.

### 2.4.1 Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan jenis ikatan, proses adsorpsi dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu:

a. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan molekul-molekul adsorben. Jenis adsorpsi ini tidak reversible dan hanya membentuk lapisan tunggal. Adsorpsi kimia umumnya terjadi pada temperatur tinggi, dimana kalor adsorpsinya juga tinggi.

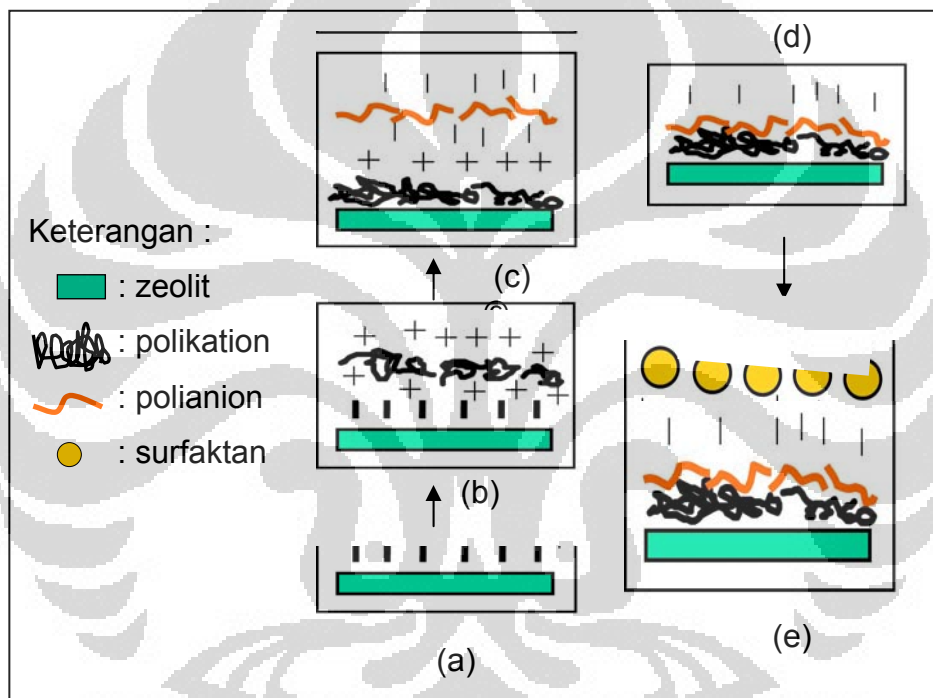
b. Adsorpsi fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila molekul-molekul adsorbat bergabung/terikat karena adanya gaya tarik-menarik yang relatif lemah dengan permukaan adsorben, gaya yang terjadi adalah gaya Van der Waals. Adsorpsi berlangsung cepat, reversible, dan panas adsorpsinya rendah. Adsorbat pada adsorpsi fisika tidak terikat secara kuat pada permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lain.

### 2.4.2 Adsorpsi Polielektrolit pada pembuatan PMZ dan PEB-MZ

Adsorpsi polikation pada pembuatan PMZ dan adsorpsi polianion pada pembuatan PEB-MZ sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti muatan di sepanjang rantai polimer, derajat keasaman (pH) pada saat

reaksi berlangsung, dan *counter ion* yang berasal dari garam elektrolit yang ditambahkan. Teknik adsorpsi polikation dan polianion pada substrat tersebut sering disebut dengan *Layer-by-Layer Technique (LbL Technique)*. *LbL technique* pada pembuatan PEB-MZ PAH/PSS dapat dilihat pada Gambar 2.12 di bawah.



Gambar 2.12. Mekanisme adsorpsi Layer-by-Layer

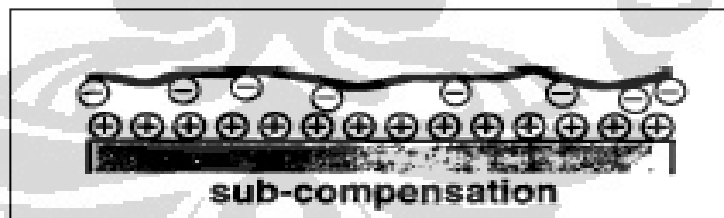
Dalam gambar di atas, zeolit sebagai substrat bermuatan negatif (Gambar 2.12a) dilapisi oleh polikation yang bermuatan positif, sehingga permukaan zeolit akan ternetralkan oleh muatan positif dari polikation dan terdapat kelebihan muatan positif dipermukaan substrat (Gambar 2.12b). Selanjutnya, kelebihan muatan positif pada permukaan tersebut digunakan

untuk adsorpsi polianion yang bermuatan negatif sehingga dapat menetralkan permukaan zeolit yang telah terlapisi polikation (Gambar 2.12c) dan terdapat kelebihan muatan negatif pada permukaan tersebut (Gambar 2.12 d) yang selanjutnya digunakan untuk adsorpsi surfaktan yang muatannya berbeda.

#### 2.4.3 Konformasi Adsorpsi Polielektrolit pada Permukaan Substrat <sup>7</sup>

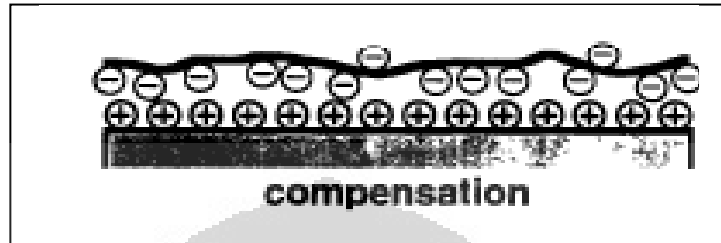
Adsorpsi lapisan polielektrolit pada suatu substrat berlangsung dengan tiga cara yang berbeda, yaitu:

- a. *Sub-compensation*; dimana semua gugus fungsional dari polielektrolit teradsorpsi pada permukaan substrat, tetapi muatan pada substrat tidak semuanya ternetralkan oleh muatan dari polielektrolit.



Gambar 2.13. Proses adsorpsi *sub-compensation*

- b. *Compensation*; adalah kondisi dimana seluruh gugus fungsional polielektrolit teradsorpsi pada substrat dan seluruh muatan pada permukaan substrat sudah ternetralkan dengan sempurna oleh muatan dari polielektrolit.



Gambar 2.14. Proses adsorpsi *compensation*

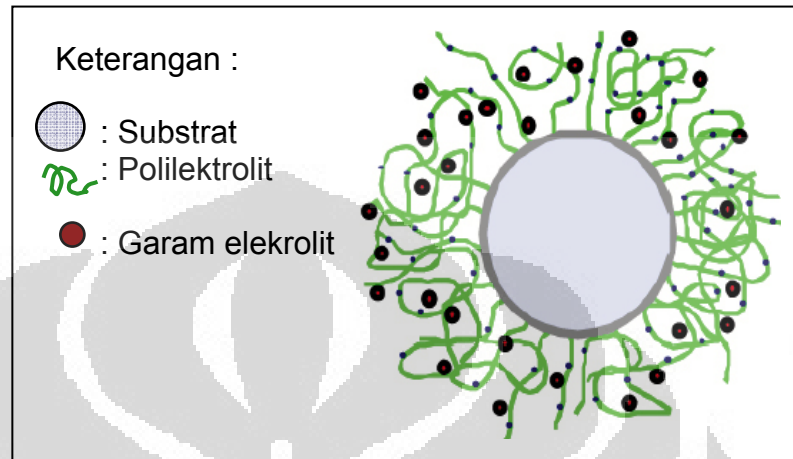
- c. *Overcompensation*; seluruh muatan di permukaan substrat sudah ternetralkan dengan baik oleh muatan dari polielektrolit, namun konsentrasi polielektrolit yang ada berlebih sehingga masih ada kelebihan muatan yang terletak di sepanjang rantai polielektrolit. Kelebihan muatan ini akan sangat berguna pada fabrikasi *Layer-by-Layer* polielektrolit.



Gambar 2.15. Proses adsorpsi *overcompensation*

Muatan pada rantai polielektrolit akan saling tolak menolak (*Coulomb repulsion*), sehingga mengakibatkan rantai polielektrolit lebih mengembang

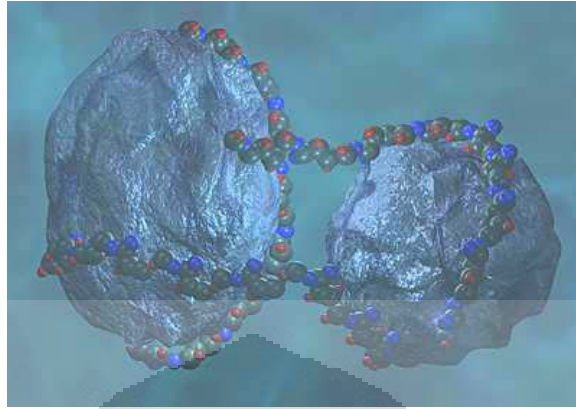
yang dikenal dengan konformasi “*rigid-rod-like*”. Konformasi “*rigid-rod-like*” ditunjukkan pada Gambar 2.16 di bawah.



Gambar 2.16. Konformasi “*rigid-rod-like*” polielektrolit pada substrat

Konformasi seperti di atas menyebabkan muatan-muatan disekeliling rantai polielektrolit yang mempunyai struktur 3 dimensi menarik molekul berlawanan muatan dengan kuat.

Polielektrolit adalah polimer dengan muatan di sepanjang rantainya. Dengan adanya makroion (zeolit) yang memiliki muatan berlawanan dengan muatan polielektrolit tersebut, maka akan terjadi suatu fenomena yang unik dari proses adsorpsi polielektrolit yang disebut dengan interaksi jembatan atau “*bridging interactions*”. Fenomena “*bridging interactions*” ini ditunjukkan oleh gambar 2.18 di bawah



Gambar 2.17. *Bridging Interactions*

Muatan pada rantai tunggal dari polielektrolit akan terikat secara elektrostatik dengan muatan dari makroion, kemudian rantai yang lainnya juga berikatan dengan bagian lain atau sisi lain dari makroion sehingga polielektrolit akan menyelubungi makroion. Akibatnya makroion yang satu dengan yang lainnya akan saling terikat oleh polielektrolit.

#### **2.4.4 Adsorpsi Surfaktan pada PEB-MZ**

Adsorpsi surfaktan pada permukaan antarmuka padat-cair sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Struktur molekul surfaktan ketika diadsorpsi; apakah ionik atau non ionik, dan apakah gugus hidrofobiknya panjang atau pendek, memiliki rantai lurus atau bercabang, alifatik atau aromatik.
2. Lingkungan pada larutan; seperti pH, elektrolit, kehadiran aditif, dan suhu.



Dari faktor-faktor tersebut kita dapat memperkirakan sampai sejauh mana mekanisme adsorpsi terjadi, efisiensi dan keefektifan adsorpsi.<sup>7</sup>

#### 2.4.4.1 Mekanisme Adsorpsi Surfaktan

Ada beberapa jenis mekanisme zat aktif permukaan (seperti surfaktan) yang teradsorpsi pada substrat padat dari larutan<sup>12</sup>, yakni :

- a. Pertukaran ion yaitu penggantian *counter ion* yang diadsorpsi pada substrat dari larutan dengan ion surfaktan bermuatan serupa.
- b. Pasangan ion adalah adsorpsi ion surfaktan dari larutan pada sisi muatan lawan yang kosong oleh *counter ion*.
- c. Ikatan hidrogen adalah adsorpsi dengan pembentukan ikatan hidrogen antara substrat-adsorbat.
- d. Adsorpsi dengan polarisasi elektron  $\pi$ ; terjadi ketika adsorbat yang mengandung inti aromatik yang kaya elektron dan adsorben padat yang bermuatan positif kuat. Gaya tarik menarik keduanya menghasilkan adsorpsi.
- e. Adsorpsi dengan gaya dispersi; terjadi melalui gaya dispersi London-van der Waals diantara molekul adsorben-adsorbat. Mekanisme adsorpsi ini umumnya meningkat dengan peningkatan dalam berat molekul adsorbat. Mekanisme ini penting juga sebagai mekanisme tambahan dalam keseluruhan tipe mekanisme lainnya.

- f. Ikatan hidrofobik; terjadi ketika kombinasi saling tarik menarik antara gugus hidrofobik molekul surfaktan dan kecenderungannya untuk terlepas dari lingkungan *aqua* menjadi besar, sehingga memungkinkan mereka teradsorpsi pada permukaan padat dengan rantai agregatnya. Adsorpsi molekul surfaktan dari fasa cair atau molekul surfaktan yang sesuai telah diadsorpsi pada adsorben padat juga dapat terjadi dengan mekanisme ini.

#### 2.4.4.2 Isoterm Adsorpsi

Eksperimen adsorpsi pada antar muka padat-cair biasanya melibatkan penentuan perubahan konsentrasi adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi terjadi. Metoda yang sering digunakan untuk mengevaluasi mekanisme adsorpsi adalah berdasarkan pada isoterm adsorpsi<sup>7</sup>.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk menentukan isoterm pada antar muka padat-cair<sup>12</sup>, yaitu :

- a. Jumlah surfaktan yang diadsorpsi per satuan masa atau satuan luas dari adsorben padat yakni konsentrasi permukaan surfaktan (adsorbat) pada suhu tertentu. Hubungannya adalah dengan ukuran seberapa luas permukaan adsorben telah tertutupi atau dirubah dengan proses adsorpsi.
- b. Konsentrasi kesetimbangan dari surfaktan dalam fasa cair yang diperlukan untuk menghasilkan konsentrasi surfaktan pada suhu tertentu. Hal ini digunakan untuk mengukur efisiensi dari surfaktan yang diadsorpsi.

- c. Konsentrasi surfaktan pada saat permukaan jenuh dan suhu tertentu. Hal ini digunakan untuk mengukur efektifitas dimana surfaktan diadsorpsi.
- d. Orientasi surfaktan teradsorpsi dan parameter lain untuk menentukan mekanisme reaksi adsorpsi. Pengetahuan mekanisme adalah untuk memprediksikan bagaimana surfaktan dengan struktur molekul tertentu akan mengadsorpsi pada permukaan.
- e. Pengaruh adsorpsi pada sifat lain dari adsorben.

#### 2.4.4.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Jenis isoterm adsorpsi yang umum diamati dalam adsorpsi dari larutan surfaktan adalah isoterm adsorpsi *Langmuir*, dijelaskan dalam

persamaan  $C_2^s = \frac{C_m^s C_2}{C_2 + a}$ , dimana :

$C_2^s$  = konsentrasi adsorbat terserap ( $\text{mol}/\text{cm}^2$ )

$C_m^s$  = konsentrasi adsorbat terserap pada adsorpsi monolayer ( $\text{mol}/\text{cm}^2$ )

$C_2$  = konsentrasi pada saat kesetimbangan dalam fasa cair ( $\text{mol}/\text{L}$ )

$a$  = tetapan

Jenis adsorpsi ini valid secara teori jika sesuai dengan kondisi berikut :

- a. Adsorben bersifat homogen.

- b. Permukaan adsorben dan fasa bulk memperlihatkan perilaku ideal (tidak ada interaksi antara zat terlarut dengan zat terlarut ataupun zat terlarut dengan pelarut dalam fasa bulk maupun permukaan).
- c. Film adsorpsi adalah monomolekuler.

Untuk menentukan apakah adsorpsi mengikuti persamaan Langmuir dan untuk memberikan perhitungan yang akurat dari nilai  $C_m^s$  dan  $a$ , persamaan dirubah kedalam bentuk linier:

$$\frac{C_2}{C_2^s} = \frac{C_2}{C_m^s} + \frac{a}{C_m^s}; \text{ persamaan A, atau } \frac{1}{C_2^s} = \frac{a}{C_m^s C_2} + \frac{1}{C_m^s}; \text{ persamaan B.}$$

Plot  $\frac{C_2}{C_2^s}$  terhadap  $C_2$  (persamaan A) maka akan menghasilkan garis lurus

dengan slope  $\frac{1}{C_m^s}$  dan intersep dengan ordinat  $\frac{a}{C_m^s}$ . Atau plot  $\frac{1}{C_2^s}$  terhadap

$\frac{1}{C_2}$  maka akan menghasilkan garis lurus dengan slope  $\frac{a}{C_m^s}$  dan intersep  $\frac{1}{C_m^s}$

(persamaan B).

Banyak surfaktan memperlihatkan jenis adsorpsi Langmuir dari larutan karena saling kompensasi beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk isoterm *Langmuir*.<sup>12</sup> Beberapa faktor tersebut dan perubahan bentuk isoterm adalah sebagai berikut:

- a. Pembentukan misel surfaktan; hal ini menyebabkan kurva menjadi datar, mungkin dibawah tingkat untuk *close packing*, karena kenaikan aktifitas

surfaktan terhadap kenaikan konsentrasi dalam fasa air hampir tidak berarti.

- b. Potensial permukaan; apabila tandanya berlawanan, maka akan menaikkan adsorpsi dan slope isotermnya.
- c. Heterogenitas adsorben padat; adsorpsi pada sisi substrat dengan energi tinggi akan menyebabkan slope isoterm lebih tinggi daripada adsorpsi pada sisi substrat dengan energi yang lebih rendah.
- d. Interaksi lateral; dimana interaksi adsorben atraktif dengan surfaktan, slope isoterm menjadi lebih tajam dan menjadi bentuk-S.

Isoterm adsorpsi pada zat terlarut yang tidak murni pada adsorben heterogen seringkali mencapai adsorpsi yang maksimum atau memperlihatkan adsorpsi multilayer.<sup>12</sup>

#### 2.4.4.3 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi *Freundlich* mengasumsikan pusat-pusat aktif permukaan adsorben bersifat heterogen dan adsorbat membentuk lapisan multimolekuler pada permukaan adsorben (Myers, 1999). Persamaan

*Freundlich* dinyatakan dalam bentuk  $\frac{x}{m} = KC^{1/n}$ ; dimana  $x$  adalah berat zat

teradsorpsi,  $m$  adalah berat zat adsorben,  $C$  adalah konsentrasi adsorbat

pada kesetimbangan adsorpsi,  $K$  dan  $1/n$  adalah suatu tetapan yang

menyatakan keheterogenan pusat-pusat aktif permukaannya. Suatu permukaan dapat dikatakan homogen, apabila memenuhi  $\frac{1}{n} \leq 1$ . Kedua tetapan itu dapat dihitung melalui transformasi sederhana persamaan menjadi  $\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K + \frac{1}{n} \log C$ ; dengan mengalurkan  $\log\frac{x}{m}$  terhadap  $\log C$  maka akan diperoleh garis lurus dengan slope  $\frac{1}{n}$  dan intersep  $\log K$ .<sup>7</sup>

## 2.5 Spektrofotometer UV-Vis

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV-Vis bergantung pada struktur elektronik molekul tersebut. Spektra UV-Vis dari senyawa organik berkaitan dengan transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan energi molekul. Disebut juga spektroskopi elektronik, karena serapan radiasi disebabkan oleh transisi elektronik yang terjadi. Transisi-transisi yang terjadi adalah antara orbital ikatan atau pasangan bebas dan orbital anti ikatan.

Panjang gelombang serapan menunjukkan ukuran jarak antara tingkatan energi dari orbital-orbital yang bersangkutan. Pemisahan tingkat energi yang paling tinggi terjadi bila elektron-elektron dalam ikatan  $\delta$  tereksitasi yang menghasilkan serapan dengan panjang gelombang antara 120 hingga 200 nm. Daerah ini disebut daerah UV vakum, dan relatif tidak banyak memberikan keterangan. Pada panjang gelombang di atas 200 nm

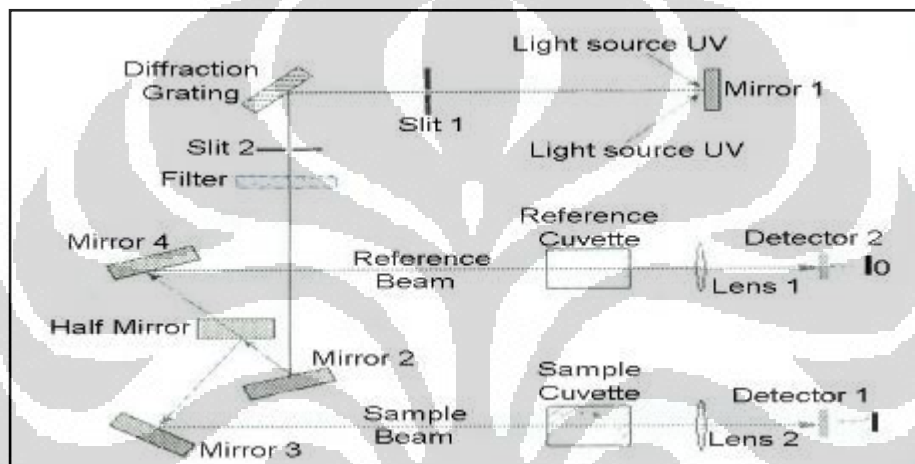
eksitasi elektron dari orbital-orbital p dan d dan orbital  $\pi$  terutama sistem terkonjugasi  $\pi$ .

Promosi elektron berasal dari *Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO)* ke *Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO)*. Spesi yang dihasilkan disebut keadaan tereksitasi. Jika suatu contoh molekul diberi sinar dengan energi yang sesuai dengan kemungkinan transisi elektronik di dalam molekul, maka sebagian dari sinar akan diserap dan energi yang terserap itu digunakan oleh elektron untuk promosi ke tingkat energi orbital yang lebih tinggi. Spektrometer optis akan mencatat panjang gelombang dimana serapan terjadi, bersamaan dengan tingkat serapan pada tiap panjang gelombang. Hasil spektrumnya ditunjukkan pada grafik antara absorbansi terhadap panjang gelombang.

Beberapa pengertian transisi serapan elektronik adalah :

- a. Kromofor, adalah gugus tak jenuh kovalen yang dapat menyerap radiasi dalam daerah-daerah ultra violet dan sinar tampak.
- b. Auksokrom, adalah gugus jenuh yang bila terikat pada kromofor mengubah panjang gelombang dan intensitas serapan maksimum. Ciri auksokrom adalah heteroatom yang langsung terikat pada kromofor seperti :  $-\text{OCH}_3$ ,  $-\text{Cl}$ ,  $-\text{OH}$  dan  $\text{NH}_3$ .
- c. Pergeseran batokromik, adalah pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih tinggi, disebabkan oleh substitusi atau pengaruh pelarut.

- d. Pergeseran hipsokromik, adalah pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih pendek, disebabkan oleh substitusi atau pengaruh pelarut.
- e. Efek hiperkromik, adalah kenaikan dalam intensitas serapan
- f. Efek hipokromik, adalah penurunan dalam intensitas serapan.



Gambar 2.18. Skema spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis terdiri atas beberapa komponen pokok (Gambar 2.19). Komponen tersebut adalah (1) sumber radiasi, (2) sistem yang terdiri atas lensa-lensa, cermin, celah dan lain sebagainya, (3) monokromator yang berfungsi mengubah radiasi menjadi komponen-komponen panjang gelombang tunggal, (4) tempat cuplikan contoh yang transparan dan (5) detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau mesin pencatat.



## 2.6 Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometer FTIR sangat penting dalam kimia modern, terutama dalam bidang organik. Spektrofotometer ini dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawaan dan menganalisis campuran.

Spektrofotometer IR didasarkan pada gugus-gugus atom dalam suatu molekul dapat bergerak secara kontinyu terhadap yanglain bolak-balik di sekitar posisi keseimbangannya dengan memberikan vibrasi pada molekul tersebut.

Jumlah pita serapan dalam spektra IR berhubungan dengan derajat kebebasan suatu molekul. Molekul non linier dengan jumlah atom  $n$ , mempunyai mode vibrasi sebanyak derajat kebebasannya yaitu  $3n-6$ , sementara untuk molekul linier derajat kebebasannya adalah  $3n-5$ .

Secara umum vibrasi atom dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- a. vibrasi yang menyebabkan perubahan panjang ikatan atau jarak antar atom. Vibrasi ini disebut vibrasi ulur atau *stretching* dan terbagi lagi menjadi uluran simetris dan tak simetris.
- b. vibrasi yang menyebabkan perubahan sudut ikatan. Vibrasi ini disebut vibrasi tekuk atau bending dan terdiri dari beberapa tipe yaitu: vibrasi tekuk menggunting (*scissoring*, *d*), vibrasi tekuk menggoyang (*rocking*, *p*), vibrasi tekuk ke dalam bidang (*twisting*, *r*), dan vibrasi tekuk ke luar bidang (*wagging*, *w*).

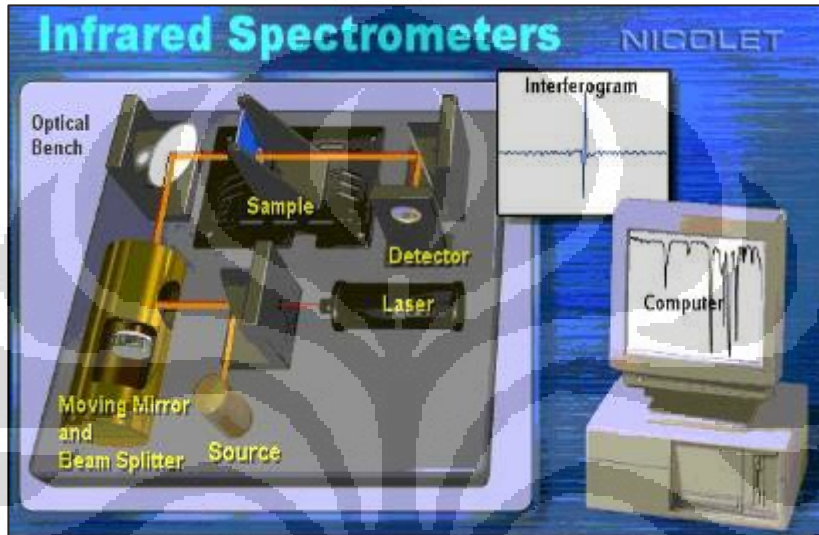
Daerah radiasi spektroskopi infra merah berkisar pada bilangan  $12800-10\text{ cm}^{-1}$  atau panjang gelombang  $0,78-1000\ \mu\text{m}$ . Umumnya kisaran daerah infra merah yang sering digunakan adalah daerah infra merah tengah yaitu  $4000-690\text{ cm}^{-1}$  ( $12-2 \cdot 10^{13}\text{ Hz}$ ;  $2,5-15\ \mu\text{m}$ ). Molekul hanya menyerap frekuensi tertentu dari radiasi infra merah. Untuk dapat mengadsorpsi, molekul harus memiliki perubahan momen dipol sebagai akibat dari vibrasi. Perbedaan radiasi medan listrik berinteraksi dengan molekul menimbulkan perubahan amplitudo sebagian gerakan molekul. (Linden & Franter, 2000).

Setiap tipe ikatan yang berbeda, mempunyai frekuensi vibrasi yang berbeda, maka tidak ada dua molekul yang berbeda strukturnya memiliki spektrum infra merah yang tepat sama. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) memakai sebuah metoda matematik yaitu transform fourier yang dipakai untuk konversi spektrum waktu ke spektrum frekuensi. Adapun informasi yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi spesies-spesies yang diadsorpsi oleh adsorben.
2. Tipe dan keadaan terjadinya interaksi adsorben dengan adsorbat.
3. Identifikasi tempat terjadinya adsorpsi pada permukaan.

Suatu sumber akan mengemisikan energi infra merah melalui bagian optik dari spektrometer. Sinar yang melewati interferometer dipisahkan lalu bergabung kembali menghasilkan suatu pola interferensi, kemudian ditransmisikan lalu diukur oleh detektor. Produk dari detektor adalah interferogram. Pengukuran ini diubah menjadi format digital yang dapat

dibaca komputer oleh *Analog Digital Converter (ADC)*. Kemudian interferogram diubah mejadi suatu pita spektrum tunggal oleh *Fast Fourier Transform (FFT)*. Skema *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* ditunjukkan pada gambar 2.20 berikut :



Gambar 2.20. Skema *Fourier Transform Infra Red*

## **BAB III**

### **BAHAN DAN CARA KERJA**

#### **3.1 Lokasi**

Penelitian dilakukan di Laboratorium penelitian Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia, Kampus UI Depok.

#### **3.2 Bahan**

##### **3.2.1 Bahan Kimia Kualitas Proanalisis**

Asam klorida pekat, asam sulfat pekat, natrium hidroksida, methylene blue, *sodium dodecyl sulfate*, HDTMA-Br, kloroform, natrium klorida, tembaga sulfat, natrium sulfat, indikator BCG-MM, indikator PP yang keseluruhannya berasal dari *Merck*. *Poly(allylamine hydrochloride)* dan *Poly(stirene sulfonate)* berasal dari *Sigma Aldrich*.

##### **3.2.2 Bahan Kimia Kualitas Teknis**

Akuabides, akuademin, zeolit *Clinoptilolite*

### 3.3 Peralatan

Alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium, neraca timbang analitis, tanur, pencatat waktu, magnetik stirrer, pH meter, Perkin-Elmer FTIR spektrometer, Shimadzu UV-Visibel spektrofotometer.

### 3.4 Cara Kerja

Bagan kerja pada penelitian ini ditunjukkan pada Lampiran 1.

#### 3.4.1 Aktivasi Zeolite Clinoptilolite

Sejumlah zeolit *Clinoptilolite* dicuci dengan akuades, didekantasi kemudian disaring. Selanjutnya, zeolit tersebut dikalsinasi dalam tanur pada suhu 350<sup>0</sup> C selama 2 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator.<sup>21</sup> Zeolit yang sudah diaktivasi dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR.

#### 3.4.2 Penyiapan Larutan

##### 3.4.2.1 Larutan induk PAH $1.0 \times 10^{-3}$ M

Sebanyak 0.7 gram PAH ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.4.2.2 Larutan induk PSS $1.0 \times 10^{-3}$ M**

Sebanyak 0.7 gram PSS ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.4.2.3 Larutan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 0.1 M**

Sebanyak 1,9072 gram boraks ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.4.2.4 Larutan induk HCl 1 N**

Larutan HCl pekat diencerkan dengan akuades hingga didapatkan larutan HCl 1N, kemudian larutan tersebut distandardisasi dengan larutan standar boraks dan indikator metil merah.

#### **3.4.2.4 Larutan NaOH 0.1 N**

Sebanyak 0.1999 gram NaOH ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas. Larutan NaOH tersebut selanjutnya distandardisasi dengan HCl, kemudian HCl distandardisasi dengan larutan standar boraks dan indikator metil merah.

#### **3.4.2.5 Larutan NaCl 0.1 M**

Sebanyak 0.5845 gram NaCl ditimbang, dilarutkan dengan akuades di dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.4.2.6 Larutan SDS 1000 ppm**

Sebanyak 1 gram SDS ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 1 L, kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.4.2.7 Larutan HDTMA 0.1 mol/L**

Sebanyak 36.446 gram HDTMA-Br ditimbang, dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL, kemudian diencerkan sampai tepat tanda batas.

#### **3.5 Pembuatan Adsorben PMZ-PAH**

Sebanyak 2,5 gram zeolit *clinoptilolite* dicampur dengan 10 ml larutan PAH  $1 \times 10^{-7}$  M kemudian distirrer selama 30 menit selanjutnya didiamkan dan disaring. Residu yang dihasilkan dicuci dan dikeringkan pada suhu kamar. Selanjutnya, PMZ dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR.

## **3.6 Pembuatan Adsorben PEB-MZ PAH/PSS**

### **3.6.1 Variasi Konsentrasi PSS**

Pembuatan PEB-MZ ini dilakukan pada berbagai variasi konsentrasi PSS antara  $5 \times 10^{-6}$  M sampai  $5 \times 10^{-4}$  M . Sebanyak 2.5 gram PMZ-PAH dicampur dengan 10 mL larutan PSS dan distirrer selama 30 menit. Selanjutnya, campuran tersebut didekantasi, kemudian filtratnya digunakan untuk menentukan konsentrasi PSS yang teradsorpsi pada PMZ-PAH dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### **3.6.2 Variasi pH**

Variasi pH dilakukan pada range pH 2.0 – 6.0 . Sebanyak 2.5 gram PMZ-PAH dicampurkan dengan 10 mL larutan PSS pada konsentrasi optimum yang sudah diatur pH-nya menggunakan larutan HCl dan NaOH, kemudian distirrer selama 30 menit. Selanjutnya, campuran tersebut didekantasi, kemudian filtratnya digunakan untuk menentukan konsentrasi PSS yang teradsorpsi pada PMZ-PAH dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.



### **3.6.3 Variasi Kuat Ion (Elektrolit)**

Variasi kuat ion dilakukan dengan menambahkan NaCl ke dalam larutan PSS hingga didapatkan variasi konsentrasi NaCl antara 0,01M-0,1M dalam larutan PSS pada konsentrasi dan pH optimum . Sebanyak 2.5 gram PMZ-PAH dicampurkan dengan larutan PSS tersebut ,kemudian distirrer selama 30 menit. Selanjutnya, campuran tersebut didekantasi,kemudian filtratnya digunakan untuk menentukan konsentrasi PSS yang teradsorpsi pada PMZ-PAH dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. PEB-MZ PAH/PSS pada kondisi optimum tersebut dicuci, dikeringkan pada suhu kamar dan dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR.

## **3.7 Adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ PAH/PSS**

### **3.7.1 Adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ PAH/PSS**

Sebanyak 2.5 gram PEB-MZ PAH/PSS ditimbang,diempatkan di dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan 10 mL HDTMA-Br 0.02 M, distirrer selama 30 menit ,didiamkan dan didekantasi,kemudian filtratnya digunakan untuk menentukan kadar HDTMA-Br yang teradsorpsi dengan metode BPB dan residunya dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR.

### **3.7.2 Pembuatan Larutan BPB**

Sebanyak 0.0084 gram padatan BPB ditimbang dan dilarutkan dalam 0.625 mL NaOH 0.01 M. Volume larutan dijadikan 25 ml dalam labu ukur dengan penambahan akuabides, didapatkan larutan dengan konsentrasi 0.5 mmol/L.

### **3.7.3 Pembuatan Buffer Fosfat pH 8**

Sebanyak 0.3402 gram  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dan 0.5705  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  gram ditimbang, masing-masing dilarutkan dengan akuabides dalam labu ukur 25 ml. Kedua larutan dicampur sehingga didapatkan buffer fosfat pH 8 dengan pH meter.

### **3.7.4 Penentuan Konsentrasi HDTMA-Br Teradsorpsi pada PEB-MZ**

#### **PAH/PSS dengan Metode BPB**

Sebanyak 4ml HDTMA-Br ditambahkan ke dalam 4 ml BPB dengan perbandingan konsentrasi 2:1. Setelah itu derajat keasaman diatur menjadi 8 menggunakan buffer fosfat 0.1 M. Volume campuran diatur sampai 10 ml dengan menambahkan akuabides lalu 5 ml campuran tersebut dicampur dengan 5 ml kloroform. Selanjutnya, campuran diekstraksi selama 20 menit, didiamkan selama 5 menit hingga kedua fasa memisah, kemudian

absorbansi fasa organik diukur dengan spektrofotometer UV-Vis dan ditentukan konsentrasi HDTMA-Br teradsorpsi pada PEB-MZ PAH/PSS.

### **3.8 Adsorpsi SDS pada PEB-MZ PAH/PSS**

#### **3.8.1 Adsorpsi SDS pada PEB-MZ PAH/PSS**

Sebanyak 2.5 gram PEB-MZ PAH/PSS ditimbang,ditempatkan di labu ukur kemudian ditambahkan 10 mL SDS 0.035 M, distirrer selama 30 menit ,didiamkan dan didekantasi, kemudian filtratnya digunakan untuk menentukan konsentrasi SDS yang teradsorpsi dengan metode MBAS.

#### **3.8.2 Pembuatan Larutan Methylene Blue**

Sebanyak 100 mg methylene blue ditimbang,dilarutkan ke dalam 100 mL air. Sebanyak 30 mL larutan tersebut diambil kedalam labu ukur 1000 mL. Ditambahkan 500 mL air, 41 mL  $H_2SO_4$  6 N dan 50 gram  $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ , kemudian diencerkan hingga tepat tanda batas.

#### **3.8.3 Pembuatan Larutan Pencuci**

Sebanyak 41 mL  $H_2SO_4$  6 N ditambahkan ke dalam 500 mL air, kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL hingga tepat tanda batas.

### 3.8.4 Penentuan Konsentrasi SDS Teradsorpsi pada PEB-MZ PAH/PSS

#### dengan metode MBAS

Sebanyak 5 mL standar *methylene blue* dan sampel dipipet masing-masing ke dalam tabung reaksi. pH larutan diatur dengan menambahkan beberapa tetes 0,02 N NaOH dengan bantuan indikator PP hingga timbul warna lembayung. Beberapa tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N ditambahkan hingga warna tersebut hilang. Sebanyak 2 mL kloroform dan 2 mL reagen biru metilen dimasukkan ke dalam tabung reaksi tersebut dan diaduk selama 30 detik. Setiap fase dibiarkan hingga terpisah dan mengekstrak kompleks surfaktan tersebut ke dalam tabung reaksi kedua menggunakan pipet. Prosedur ekstraksi diulangi sebanyak 2 kali menggunakan 2 mL kloroform tiap kali pengulangan.

Sebanyak 10 mL larutan pencuci ditambahkan ke dalam tabung reaksi kedua dan diaduk selama 30 detik. Kemudian kompleks surfaktan diekstrak ke dalam tabung reaksi ketiga. Ekstraksi ini diulangi sebanyak 2 kali menggunakan 2 mL kloroform tiap kali pengulangan. Kompleks surfaktan yang telah tercuci dipindahkan ke dalam tabung reaksi keempat. Tabung reaksi ketiga dicuci menggunakan 2 mL kloroform sebanyak 2 kali dan menampung cuciannya ke dalam tabung reaksi keempat. Absorbansinya diukur pada panjang gelombang 652 nm menggunakan spektrofotometer UV-Visible.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Aktivasi Zeolit *Clinoptilolite*

Zeolit alam *Clinoptilolite* diaktivasi dengan cara kalsinasi pada suhu 350<sup>0</sup> C selama 2 jam. Kalsinasi ini dimaksudkan agar air dan pengotor-pengotor pada zeolit dapat dikeluarkan sehingga pori-pori zeolit akan lebih terbuka.<sup>21</sup> Hasil karakterisasi zeolit *clinoptilolite* dengan FTIR dapat dilihat pada lampiran 2.

#### 4.2 Pembuatan PEB-MZ PAH/PSS

##### 4.2.1 Pembuatan PMZ-PAH

Pada pembuatan PEB-MZ PAH/PSS, dilakukan pembuatan PMZ-PAH pada kondisi optimum hasil penelitian sebelumnya. PMZ-PAH dibuat dengan mengadsorpsi PAH  $5,0 \times 10^{-7}$  M, pH 2 dan konsentrasi kuat ion 0.06 M pada *Clinoptilolite*. Pada kondisi tersebut zeolit sudah terlapisi secara monolayer dan terdapat kelebihan muatan positif pada permukaan PMZ-PAH sehingga dapat dilapisi dengan PSS pada pembuatan PEB-MZ PAH/PSS.

#### 4.2.2 Pengaruh Konsentrasi PSS

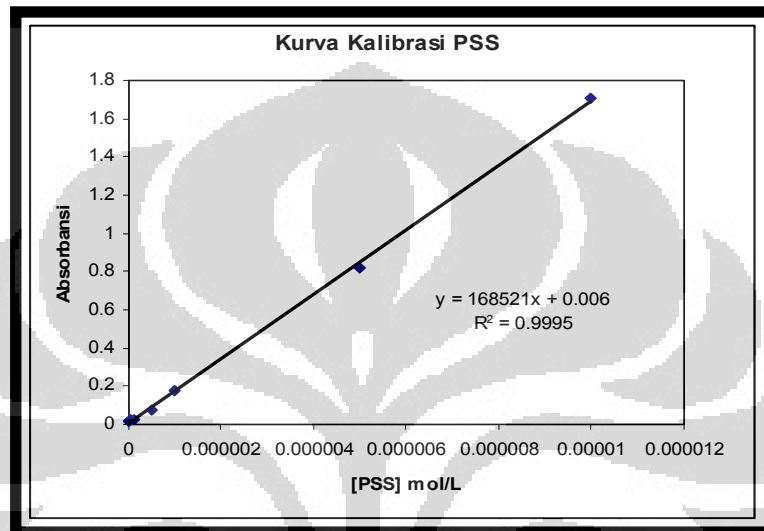
Pada pembuatan adsorben PEB-MZ PAH/PSS, tahap selanjutnya dilakukan pelapisan PSS pada PMZ-PAH. Konsentrasi PSS divariasikan pada range  $5 \times 10^{-6}$  M sampai  $5 \times 10^{-4}$  M untuk menentukan konsentrasi PSS optimum pada pembuatan PEB-MZ PAH/PSS .

Konsentrasi polielektrolit merupakan faktor yang penting dalam pembuatan lapisan film tipis polielektrolit pada suatu substrat. Hal ini disebabkan karena konsentrasi PSS akan mempengaruhi densitas muatan di sepanjang rantai polielektrolit. Pada studi variasi konsentrasi PSS, didapatkan data absorbansi standar PSS pada panjang gelombang 262 nm. Data absorbansi standar PSS dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah.

Tabel.4.1 Absorbansi Standar PSS

<b>[PSS] ( M )</b>	<b>Absorbansi</b>
$1,0 \times 10^{-8}$	0.01547
$5,0 \times 10^{-8}$	0.0269
$1,0 \times 10^{-7}$	0.0268
$5,0 \times 10^{-7}$	0.0794
$1,0 \times 10^{-6}$	0.174
$5,0 \times 10^{-6}$	0.822
$1,0 \times 10^{-5}$	1.705

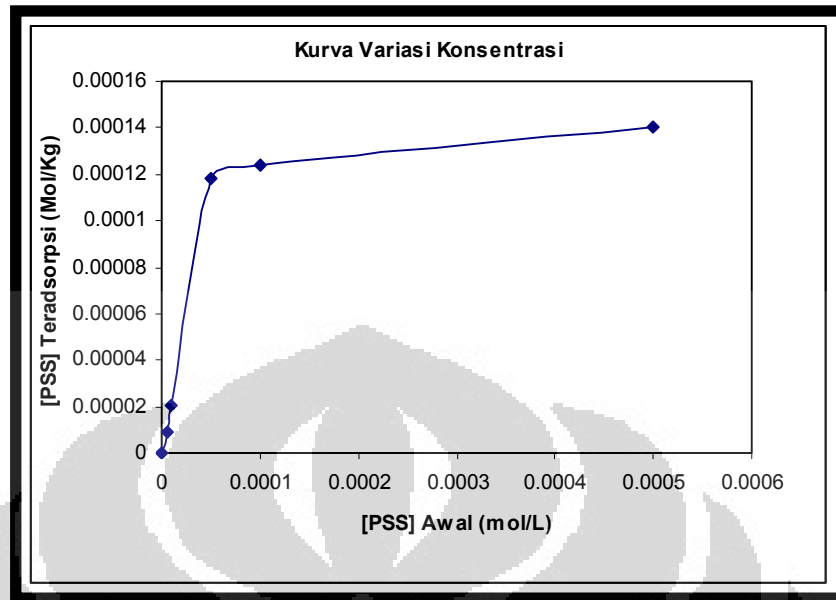
Dari data absorbansi standar PSS tersebut, dapat dibuat kurva kalibrasi standar PSS pada panjang gelombang 262 nm. Kurva kalibrasi standar PSS dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah.



Gambar.4.1 Kurva kalibrasi standar PSS

Dari kurva di atas, dihasilkan persamaan  $y = 168521x + 0.006$  dengan kelinearan sebesar 0.9995. Dari persamaan garis lurus tersebut didapatkan nilai  $\epsilon$  sebesar 168521.

Kurva kalibrasi tersebut digunakan untuk menentukan konsentrasi PSS yang dilakukan pada penelitian ini. Pada variasi konsentrasi PSS, didapatkan data konsentrasi PSS teradsorpsi pada PMZ-PAH. Data hasil perhitungan pada variasi konsentrasi PSS dapat dilihat pada Lampiran 4. Hubungan antara konsentrasi PSS dengan konsentrasi PSS teradsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.2 di bawah.



Gambar.4.2 Kurva adsorpsi PSS pada berbagai konsentrasi

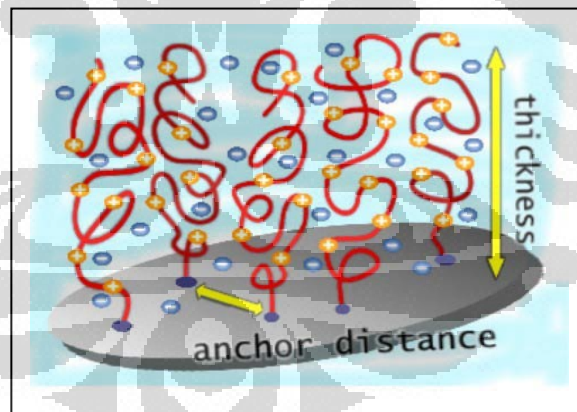
Dari kurva hubungan antara konsentrasi PSS terhadap konsentrasi PSS teradsorpsi, dapat dilihat bahwa konsentrasi PSS yang teradsorpsi mulai konstan pada konsentrasi PSS  $5.0 \times 10^{-5}$  M dengan jumlah konsentrasi PSS teradsorpsi sebesar  $1.18 \times 10^{-4}$  mol/Kg. Dapat dikatakan bahwa pada konsentrasi PSS  $5.0 \times 10^{-5}$  M, PEB-MZ PAH/PSS yang dihasilkan sudah mencapai kondisi optimum, artinya permukaan PMZ-PAH sudah tertutup dengan PSS atau muatan pada permukaan PMZ-PAH sudah tergantikan dengan muatan dari PSS, dengan terbentuknya lapisan tipis PSS pada PMZ-PAH

Berdasarkan hasil analisa data tersebut, dapat dilihat bahwa pada konsentrasi PSS  $1.0 \times 10^{-4}$  M, adsorpsi PSS mengikuti adsorpsi *over compensation*, yaitu permukaan PMZ-PAH telah terlapsi oleh PSS dan



adanya kelebihan muatan negatif pada permukaan PEB-MZ PAH/PSS. Dari hasil tersebut, maka konsentrasi PSS  $1.0 \times 10^{-4}$  M digunakan sebagai konsentrasi optimum yang akan berlanjut sebagai parameter utama untuk variasi faktor lainnya (pH dan kuat ion). Pada kondisi ini rantai polielektrolit PSS memiliki muatan berlebih disekeliling rantai polimernya yang memungkinkan adanya ikatan yang kuat antara PSS dengan PAH.

Ketika polielektrolit melekat pada permukaan yang berbentuk planar ataupun melengkung, ada suatu fenomena pelekatan antara polielektrolit yang dinamakan dengan "*polyelectrolyte brush*", polielektrolit membentuk konformasi menyerupai sikat dengan kepala dari polielektrolit masuk ke dalam pori-pori dari substrat.<sup>14</sup>



Gambar 4.3. Skema bentuk "*polyelectrolyte brush*"

#### 4.2.2.1 Isoterm Adsorpsi

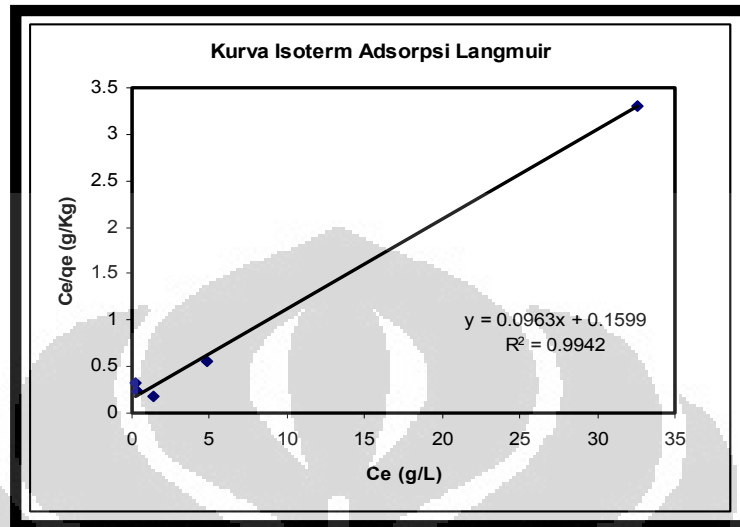
Untuk mengetahui jenis isoterm yang terjadi pada adsorpsi PSS di permukaan PMZ-PAH, dilakukan pengujian dengan dua cara, yaitu menurut Langmuir dan Freundlich kemudian dibandingkan kelinierannya.

#### 4.2.2.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir PSS pada PMZ

Isoterm adsorpsi Langmuir mengasumsikan bahwa tempat-tempat adsorpsi pada permukaan bersifat homogen dan adsorbat teradsorpsi dengan bentuk lapisan tunggal (monolayer). Isoterm adsorpsi Langmuir dijelaskan dengan persamaan :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{a}{q_m}$$

Dimana :  $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan PSS pada saat kesetimbangan (g/L),  $q_e$  = jumlah PSS teradsorpsi (g/kg),  $q_m$  = jumlah PSS terserap pada adsorpsi monolayer (g/kg),  $a$  = tetapan. Plot dari  $C_e/q_e$  terhadap  $C_e$  akan didapatkan harga  $q_m$  dan  $a/q_m$ . Data hasil perhitungan pada penentuan isoterm adsorpsi Langmuir pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 4. Dari data tersebut, dapat dibuat kurva isoterm adsorpsi Langmuir PSS. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah.



Gambar 4.4 Kurva isoterm adsorpsi Langmuir

Dari kurva di atas, didapatkan persamaan  $y = 0.0963 x + 0.1599$  dengan kelinieran 0,9942. Dari persamaan tersebut, didapatkan nilai  $q_m = 10.384$  mg/kg dan  $a = 1.66$ .

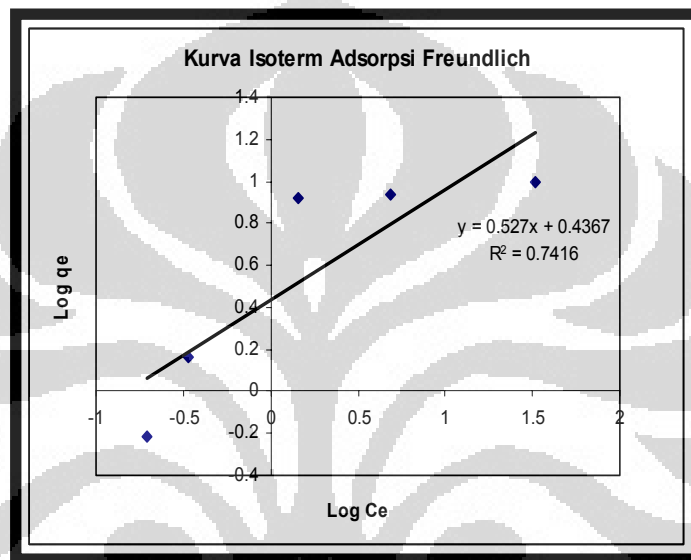
#### 4.2.2.3 Isoterm Adsorpsi Freundlich PSS pada PMZ

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dalam bentuk linier dinyatakan sebagai:

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

$C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan PSS (g/L),  $q_e$  adalah jumlah PSS teradsorpsi (g/kg),  $K_f$  adalah konstanta pada sistem adsorbat-adsorben. Isoterm Freundlich didapatkan dengan mengalurkan  $\ln C_e$  terhadap  $\ln q_e$ ,

sehingga menghasilkan harga  $K_f$  dan  $1/n$ . Data hasil perhitungan penentuan isoterm Freundlich dapat dilihat pada Lampiran 4. Dari data tersebut, dapat dibuat kurva isoterm adsorpsi Freundlich PSS. Kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah.



Gambar 4.5 Kurva Isoterm adsorpsi Freundlich

Dari kurva di atas didapatkan persamaan  $y = 0.527x + 0.4367$  dengan kelinieran 0.7416. Dari persamaan tersebut, didapatkan nilai  $K_f = 1.55$  dan  $1/n = 0.524$ .

Berdasarkan perhitungan isoterm Langmuir dan Freundlich didapatkan bahwa isoterm adsorpsi Langmuir PSS pada PMZ-PAH memiliki nilai kelinieran yang lebih besar dibandingkan isoterm Freundlich. Pada penelitian ini adsorpsi PSS pada PMZ-PAH mengikuti isoterm Langmuir yang

menunjukkan bahwa PSS teradsorpsi secara chemisorpsi dengan membentuk lapisan tunggal (*monolayer*).

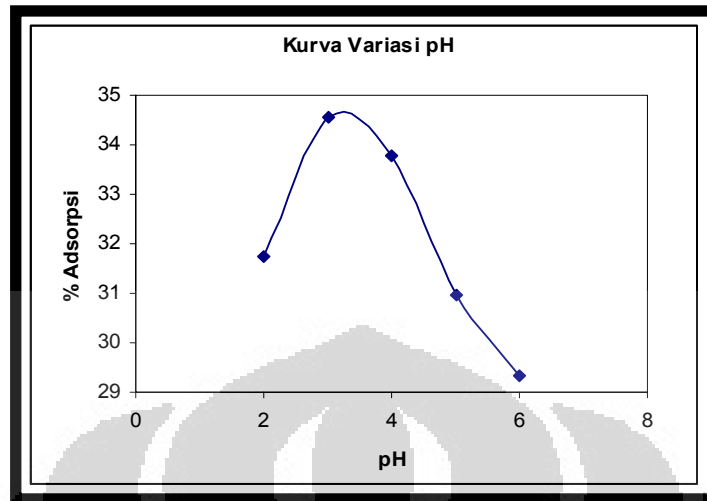
#### 4.2.3 Pengaruh Faktor Derajat Keasaman (pH)

Pengaruh variasi pH ini akan memberikan efek terhadap muatan PSS dan PAH. PSS merupakan polielektrolit kuat, pada range pH berapapun dalam larutan PSS terdisosiasi sempurna, sedangkan PAH merupakan polielektrolit lemah yang akan terdisosiasi baik pada nilai pH dibawah pKa PAH  $\approx 8.2$  yaitu pada pH  $\approx 2.3$ .<sup>13</sup> Variasi pH yang digunakan pada penelitian ini antara 2-6 dengan range 1.

Penambahan larutan polielektrolit dengan pH tertentu akan mempengaruhi muatan di permukaan substrat.

Pada studi variasi pH, pH PSS akan mempengaruhi muatan PAH pada PMZ-PAH. Data hasil perhitungan pada variasi pH dapat dilihat pada Lampiran 5. Dari data tersebut, dapat dibuat kurva pengaruh pH terhadap % adsorpsi PSS. Kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah.

Dari kurva tersebut, dapat dilihat bahwa pada pH 3 PSS dapat teradsorpsi dengan baik pada PMZ-PAH. Pada kondisi ini, persentase PSS yang teradsorpsi menunjukkan nilai terbesar yaitu sebesar 34.55 %.



Gambar 4.6. Kurva pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi PSS

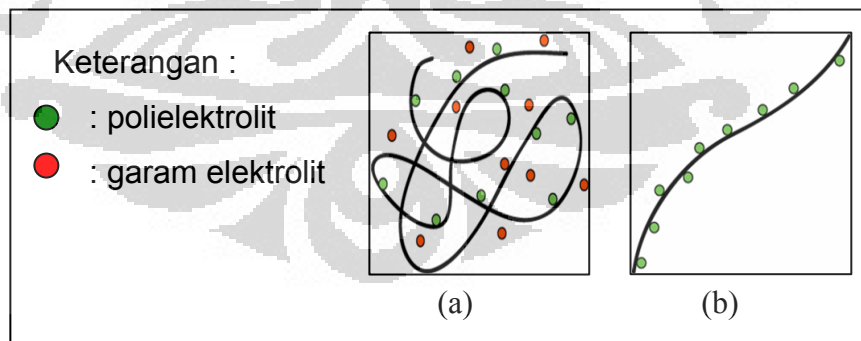
Dalam penelitian ini tidak dilakukan variasi pH pada pH yang lebih rendah dari pH 2. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH yang terlalu asam akan mengakibatkan rusaknya struktur dari zeolit. Kerusakan struktur zeolit ini karena Al akan meninggalkan struktur bangun dari zeolit, atau yang lebih dikenal dengan *dealuminasi*.

Pada pH diatas 3, PSS yang teradsorpsi semakin sedikit, karena pH PSS tersebut mempengaruhi muatan PAH yang terdapat pada PMZ-PAH. Muatan PAH pada PMZ-PAH akan semakin berkurang dalam kondisi pH yang kurang asam atau mendekati netral.

#### 4.2.4 Pengaruh Faktor Kuat Ion Menggunakan NaCl

Penambahan garam elektrolit dengan berat molekul rendah, seperti NaCl, dalam larutan polielektrolit akan meningkatkan kuat ion disekeliling luar rantai *coil* polielektrolit relatif terhadap didaerah dalam rantai *coil*.<sup>14</sup>

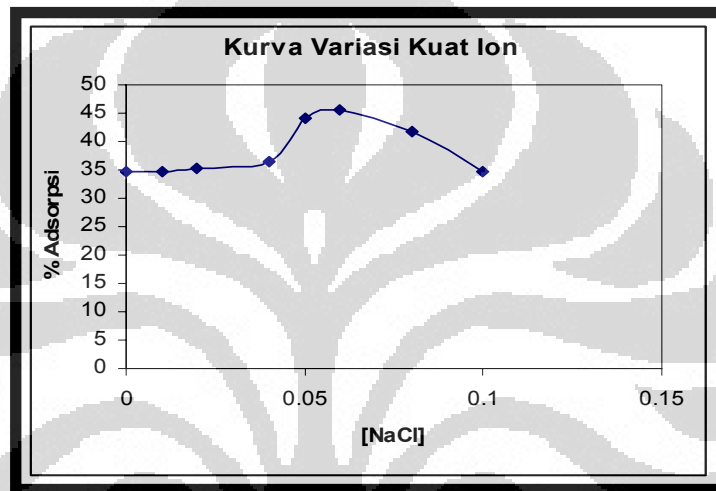
Pengaruh kuat ion akan meningkatkan sifat elektrolit dari polielektrolit sehingga muatan di sekeliling rantai polimer kaya akan muatan yang berasal dari larutan elektrolit yang menyelubungi rantai polielektrolit. Penambahan garam elektrolit pada polielektrolit juga mempengaruhi konformasi rantai polielektrolit yang semula dalam larutan berbentuk linear menjadi *random walk like coil* (Gambar 4.7). Perubahan konformasi polielektrolit tersebut dapat meningkatkan luas permukaan adsorpsi polielektrolit dan jumlah polielektrolit yang teradsorpsi pada substrat. Konformasi polielektrolit sebelum dan setelah ditambah garam elektrolit dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 (a) Konformasi rantai polielektrolit dengan *counter ion* berbentuk *random-walk-like*

(b) Konformasi rantai polielektrolit tanpa *counter ion*

Variasi kuat ion dalam penelitian ini menggunakan garam elektrolit NaCl. Konsentrasi dari NaCl divariasikan mulai dari 0.01 M sampai 0.1 M. Data hasil perhitungan bisa dilihat pada Lampiran 5. Dari data tersebut dapat dibuat Kurva pengaruh kuat ion terhadap % adsorpsi PSS. Kurva tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah .



Gambar 4.8. Pengaruh NaCl terhadap adsorpsi PSS pada PMZ

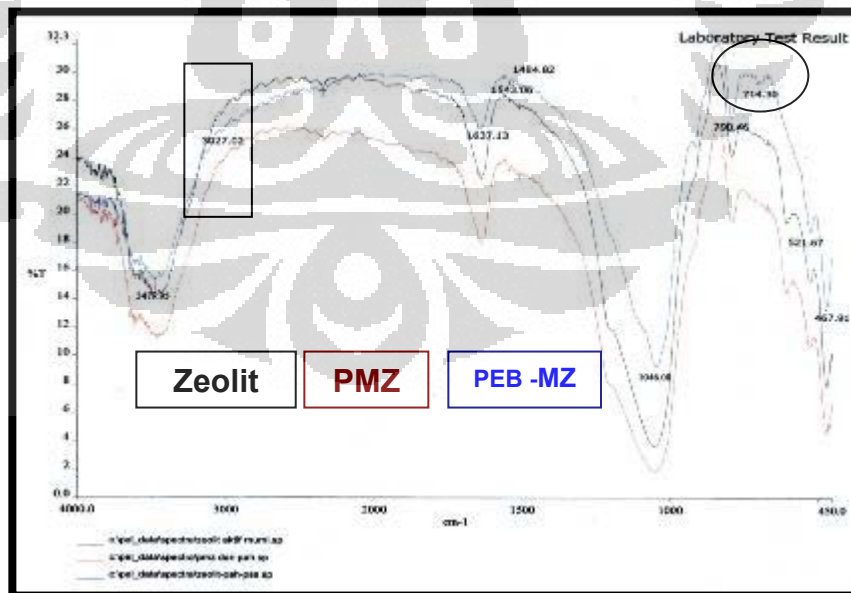
Dari kurva di atas, dapat dilihat bahwa pada kuat ion 0.06 M, % adsorpsi PSS terhadap PMZ-PAH menunjukkan nilai terbesar yaitu 45.45 %. Pada konsentrasi tersebut, garam elektrolit tersebut dapat membentuk konformasi PSS menjadi *random walk like coil* sehingga luas permukaan adsorpsi menjadi lebih besar. Pada konsentrasi kuat ion di bawah 0.06 M, % adsorpsi relatif kecil dikarenakan konsentrasi kuat ion tersebut belum cukup untuk membentuk konformasi PSS menjadi *random walk like coil* yang dapat memperluas permukaan adsorpsi. Pada konsentrasi kuat ion di atas 0.06 M,



% adsorpsi cenderung turun karena adanya persaingan antara ion dari elektrolit dan ion dari PSS.

### 4.3 Analisis Gugus Fungsi dengan Spektroskopi FTIR

Untuk mengetahui adanya gugus PAH yang teradsorpsi pada PMZ-PAH dan gugus PSS pada PEB-MZ PAH/PSS dilakukan pengujian dengan spektrofotometer FTIR. Berdasarkan spektrumnya dapat diketahui adanya gugus-gugus yang menjadi ciri khas dari zeolit. Vibrasi internal Si/ $\text{AlO}_4$  atau  $\text{TO}_4$  tetrahedral merupakan puncak serapan yang ada pada setiap zeolit dengan nilai yang berbeda untuk setiap tipe zeolit. Spektra dari zeolit *Clinoptilolite* yang digabungkan dengan PMZ-PAH dan PEB-MZ PAH/PSS dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah



Gambar 4.9. Spektrum FTIR Zeolit Clinoptilolite , PMZ dan PEB MZ

Vibrasi internal Si/AlO<sub>4</sub> zeolit berada pada bilangan gelombang  $\nu = 420-500 \text{ cm}^{-1}$ . Selain itu terdapat vibrasi internal *asimetrik stretch* yang ada pada setiap zeolit. Vibrasi internal *asimetrik stretch* ini berada pada bilangan gelombang  $\nu = 950-1250 \text{ cm}^{-1}$ .

Pada spektra PMZ-PAH terlihat adanya puncak serapan pada bilangan gelombang  $\nu = 2960-2850 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus –CH<sub>2</sub> dan –CH<sub>3</sub> yang khas dari PAH. Pada bilangan gelombang  $\nu = 2890-2880 \text{ cm}^{-1}$  terlihat adanya puncak serapan yang menunjukkan gugus –CH-*stretching* dari PAH. Puncak serapan yang terlihat di daerah  $3020 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus –NH pada PAH.

Pada spektra PEB-MZ PAH/PSS terlihat adanya puncak serapan pada bilangan gelombang  $\nu = 714,3 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi regang S-O dari PSS.

Puncak serapan yang terlihat kurang kuat. Namun, adanya puncak serapan tersebut yang disebutkan di atas menunjukkan adanya PAH pada zeolit *clinoptilolite* dan adanya PSS pada permukaan PMZ-PAH yang teradsorpsi secara *monolayer*. Hasil karakterisasi FTIR juga dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### **4.4 Aplikasi PEB-MZ PAH/PSS sebagai Adsorben HDTMA-Br**

*Polielektrolit Bilayer Modified Zeolite* (PEB MZ) PAH/PSS yang sudah selesai dibuat selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben sekaligus untuk

membuktikan bahwa PSS telah menempel di permukaan PMZ-PAH .

Adsorben PEB-MZ PAH/PSS ini akan digunakan untuk mengikat HDTMA Br.

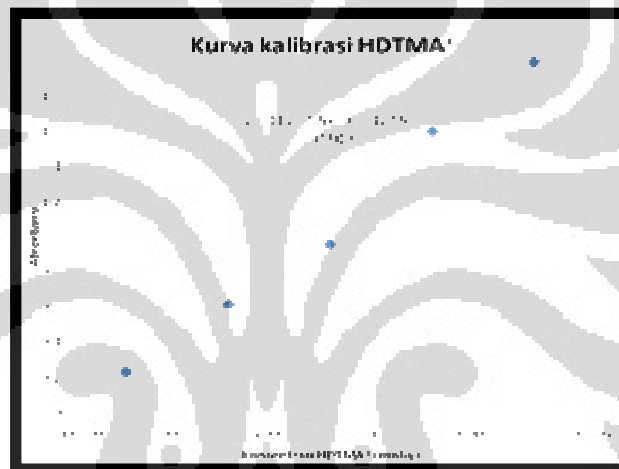
Hal pertama yang dilakukan adalah membuat kurva kalibrasi HDTMA-Br

standar. Konsentrasi yang digunakan pada saat kalibrasi adalah pada kisaran

$2 \times 10^{-5}$  M sampai dengan  $1.8 \times 10^{-4}$  M. Dari data absorbansi HDTMA-Br

standar didapatkan kurva kalibrasi HDTMA-Br. Kurva kalibrasi HDTMA-Br

dapat dilihat pada Gambar 4.10 di bawah.



Gambar 4.10. Kurva kalibrasi HDTMA Br

Dari kurva di atas, didapatkan persamaan  $y = 11237.5 x + 0.04215$

dengan kelinieran 0.9888. Dari persamaan tersebut, dapat ditentukan

konsentrasi HDTMA-Br teradsorpsi pada adsorben PEB-MZ PAH/PSS.

Konsentrasi HDTMA-Br yang diaplikasikan adalah  $2.0 \times 10^{-2}$  M. Pada

adsorpsi HDTMA-Br  $2.0 \times 10^{-2}$  M didapatkan persentase HDTMA Br

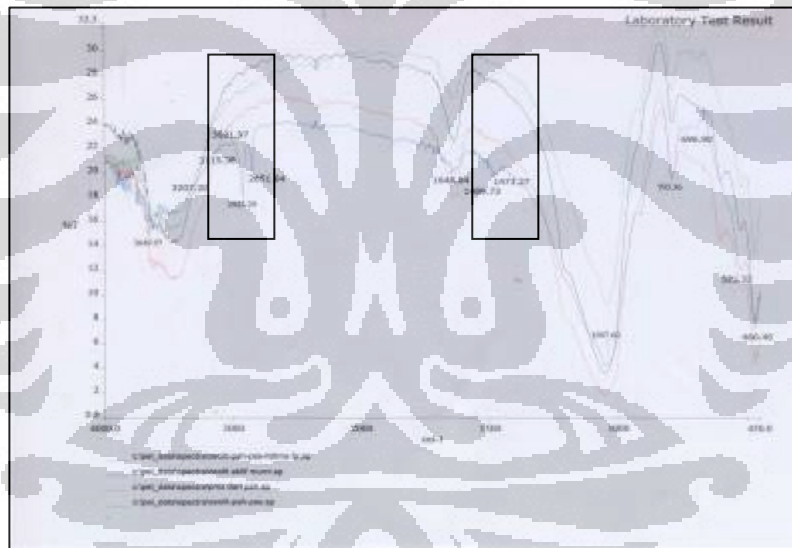
teradsorpsi sebesar  $1.87 \times 10^{-2}$  M atau sebesar 93.5%.

Persentase adsorpsi HDTMA Br yang cukup besar tersebut

membuktikan bahwa PEB MZ PH/PSS mampu mengadsorpsi HDTMA Br

dengan baik karena adanya interaksi elektrostatik antara permukaan PEB-MZ PAH/PSS yang bermuatan negatif dengan HDTMA-Br yang bermuatan positif. Persentase adsorpsi HDTMA-Br yang besar tersebut juga membuktikan bahwa adsorpsi HDTMA-Br pada adsorben PEB-MZ PAH/PSS lebih baik dibandingkan hasil adsorpsi HDTMA-Br pada adsorben zeolit *clinoptilolite* yaitu sebesar 56%.<sup>2</sup>

Hasil karakterisasi adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ PAH/PSS dengan spektrofotometer FTIR ditunjukkan pada gambar berikut 4.11 di bawah.



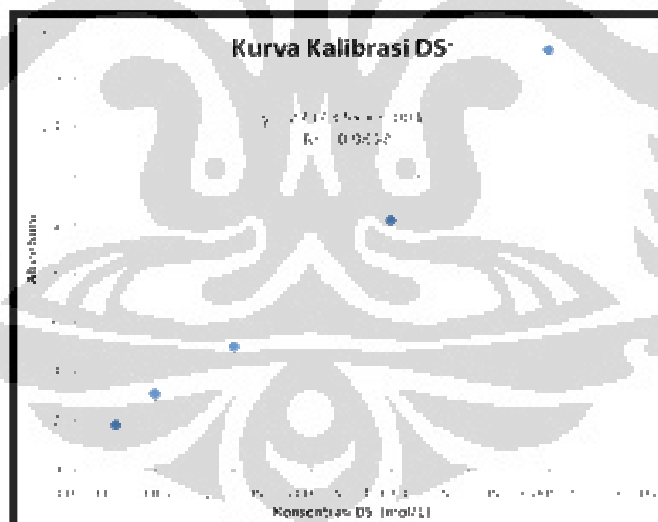
Gambar 4.11. Karakterisasi FTIR adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ

Dari spektra FTIR adsorpsi HDTMA-Br pada PEB-MZ PAH/PSS di atas, terlihat adanya puncak serapan pada bilangan gelombang  $\nu = 2923,29$  dan  $2851,64 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi regang alifatik  $\text{sp}^3 \text{ C-H}$  dari HDTMA-

Br dan pada  $\nu = 1473,27 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi N-H *bending* dari HDTMA-Br. Spektra HDTMA-Br tersebut dapat dilihat juga pada Lampiran 3.

#### 4.5 Aplikasi PEB-MZ PAH/PSS sebagai Adsorben SDS

Adsorben PEB MZ ini juga akan digunakan untuk mengadsorpsi SDS. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan kalibrasi konsentrasi SDS standar. Konsentrasi yang digunakan pada saat kalibrasi adalah pada kisaran  $5 \times 10^{-6} \text{ M}$  sampai dengan  $6 \times 10^{-5} \text{ M}$ . Dari data absorbansi SDS standar didapatkan kurva kalibrasi SDS. Kurva kalibrasi SDS dapat dilihat pada Gambar 4.12 di bawah.

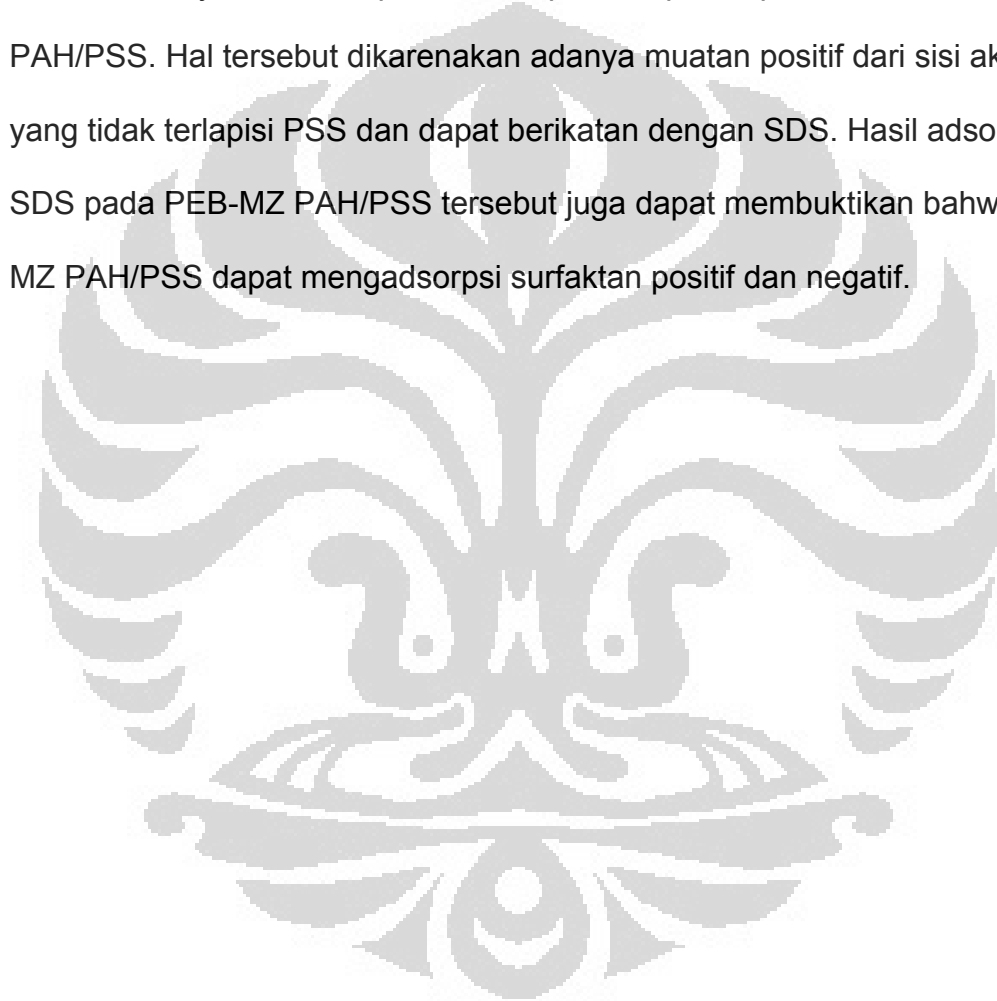


Gambar 4.12. Kurva kalibrasi SDS

Dari kurva di atas, didapatkan persamaan  $y = 27373.5 x + 0.0047$  dengan kelinieran sebesar 0.9898. Dari persamaan tersebut, dapat ditentukan

konsentrasi SDS yang teradsorpsi pada adsorben PEB-MZ PAH/PSS.

Konsentrasi SDS yang diaplikasikan adalah  $3.5 \times 10^{-2}$  M. Pada adsorpsi SDS  $3.5 \times 10^{-2}$  M, didapatkan % SDS teradsorpsi pada adsorben sebesar  $1.112 \times 10^{-2}$  M atau sebesar 32 %. Dari hasil adsorpsi SDS pada PEB-MZ PAH/PSS tersebut, ternyata SDS dapat teradsorpsi cukup baik pada PEB-MZ PAH/PSS. Hal tersebut dikarenakan adanya muatan positif dari sisi aktif PAH yang tidak terlapisi PSS dan dapat berikatan dengan SDS. Hasil adsorpsi SDS pada PEB-MZ PAH/PSS tersebut juga dapat membuktikan bahwa PEB-MZ PAH/PSS dapat mengadsorpsi surfaktan positif dan negatif.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

a. Pada pembuatan *Polielectrolyte Bilayer Modified Zeolite* (PEB-MZ)

PAH/PSS, didapatkan kondisi optimum:

- [PSS] :  $5.0 \times 10^{-5}$  M
- pH : 3 dan
- kuat ion : 0.06 M

dengan jumlah PSS yang diadsorpsi sebesar  $1.2 \times 10^{-4}$  mol/Kg atau sebesar 45.45 %

b. Ikatan yang terjadi antara PSS dan PMZ-PAH adalah elektrostatik, mengikuti isoterm adsorpsi langmuir.

c. Pada karakterisasi dengan FTIR, terlihat adanya puncak serapan pada  $\nu = 714,3 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi S-O yang dimiliki oleh PSS.

d. HDTMA-Br 0.02 M dapat diadsorpsi PEB-MZ PAH/PSS sebesar 0.0187 M atau 93.5 %

e. SDS 0.035 M dapat diadsorpsi PEB-MZ PAH/PSS sebesar 0.0112 M atau 32 %.

## 5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, PEB-MZ PAH/PSS perlu dikarakterisasi dengan instrumen lain misalnya SEM atau AFM sehingga dapat dilihat morfologi permukaannya atau dengan membuat *Polyelectrolyte Multilayer Modified Zeolite* dengan paduan polielektrolit yang sama yaitu PAH/PSS sehingga nantinya bisa dibandingkan dengan hasil penelitian ini.





## DAFTAR PUSTAKA

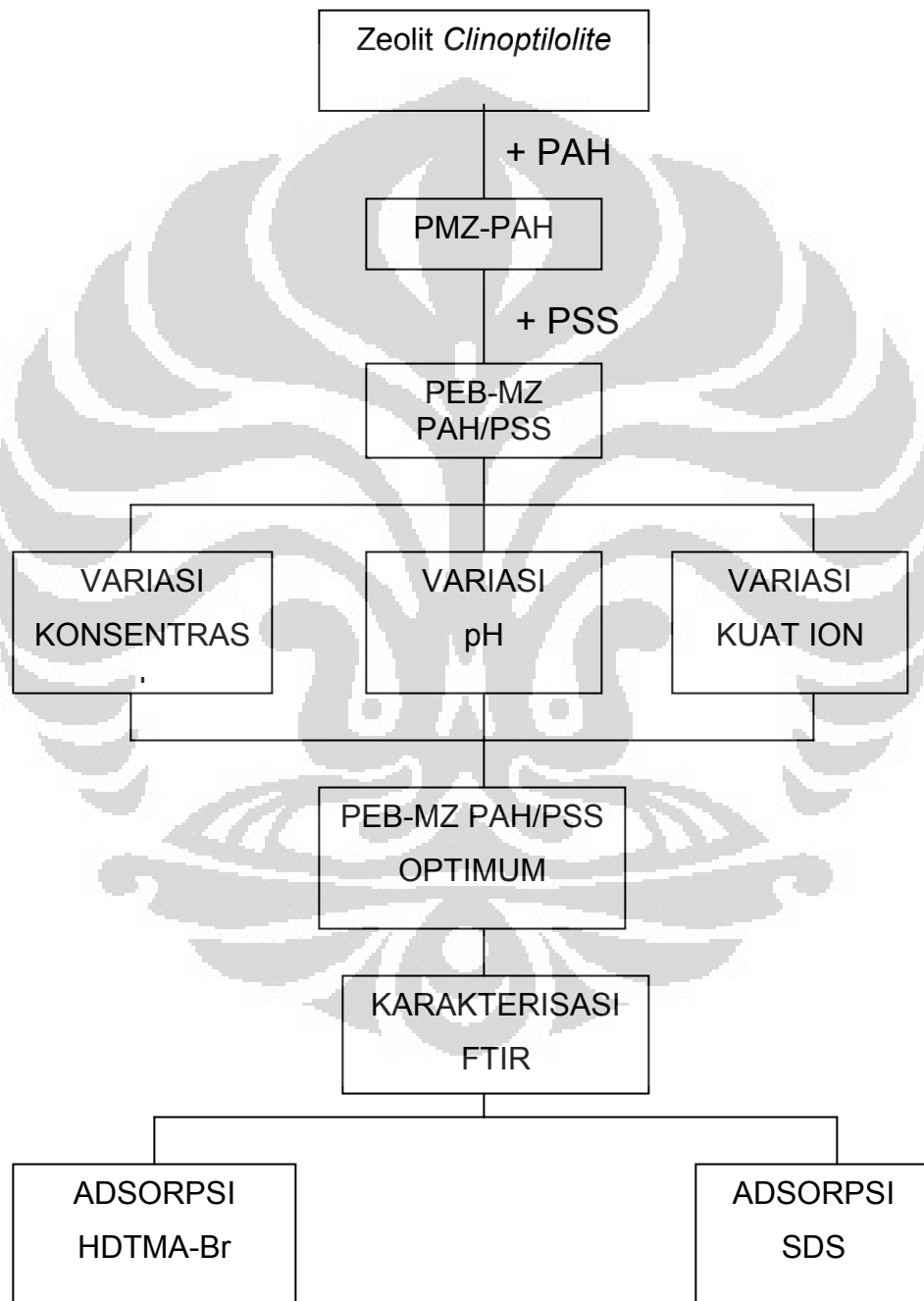
1. Bambang, Sumarno. 2004. *Penggunaan Detergen Penyebab Limbah*, Pusat Dokumentasi dan Informasi BPOM RI : Jakarta
2. Triyunarti, Rika. 2005. *Modifikasi Zeolit Clinoptilolite dengan Hexadecyltrimethyl Ammonium Bromide dan Regenerasinya Setelah Penjenuhan dengan Anion Kromat* . Karya Utama Sarjana Kimia, Departemen Kimia FMIPA UI, Depok.
3. Aristiyani, Rina. 2007. *Studi Pendahuluan Modifikasi Zeolit Clinoptilolite dengan PAH Sebagai Adsorben Sodium Dodecyl Sulfate* . Karya Utama Sarjana Kimia, Departemen Kimia FMIPA UI, Depok.
4. Windsor, Carl.M. 1998. *Compututational Studies of Zeolite Catalysis*. Rev.Maret: 1 hlm.  
<http://mch3w.ch.man.ac.uk/heory/posters/cmw/poster.htm>.
5. Hay, R. L., 1966, *Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks*, Dept. Geology and Geophysics, University of California, Berkeley, California
6. Myers, Drew. 1999. *Surfaces, Interfaces and colloids: Principles and applications, Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc., New York: 495 hlm.

7. Decher, Gero. 1994. New Nanocomposite Films for Biosensors: Layer-by-Layer Adsorbed Films of Polyelectrolyte, Proteins or DNA. *Biosensors and Bioelectronics*. **9**. 677-684.
8. Jiunn-Fwu Lee, Ming-Hung Hsu, Huan-Ping Chao, Hui-Chen Huang, Shun-Ping Wang. 2004. The effect of surfactant on the distribution of organic compounds in the soil solid/water system. *Journal of hazardous materials*. **B114**: 123-130.
9. Riegler, F. & F. Essler. 2002. Polyelectrolytes. 2. Intrinsic or Extrinsic Charge Compensation? Quantitative Charge Analysis of PAH/PSS Multilayers. *Langmuir*. **18**. 6694-6698.
10. Wang, Tom Chih-Huang. 2002. Polyelectrolyte Multilayer as Nanostructured Templates for Inorganic Synthesis. Massachusetts Institute of Technology.
11. Poptoshev, Evgeni, Bjoern Schoeler & Frank Caruso. 2004. Influence of Solvent Quality on the Growth of Polyelectrolyte Multilayers. *Langmuir*. **20**. 829-834.
12. Rosen, M.J. 1978. *Surfactants and interfacial phenomena*. John Wiley & Sons, Inc., New York: 304 hlm.
13. Zulcotto, Valtencir. et.al. 2004. Photoinduced Phenomena in Layer-by-Layer Films of Poly(Allylamine Hydrochloride) and Brilliant Yellow Azodye. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. **4**. 1-6.
14. Castelnovo, Martin & Jean-Francois Joanny. 2000. Formation of Polyelectrolyte Multilayers. *Langmuir*. **16**. 7524-7532.

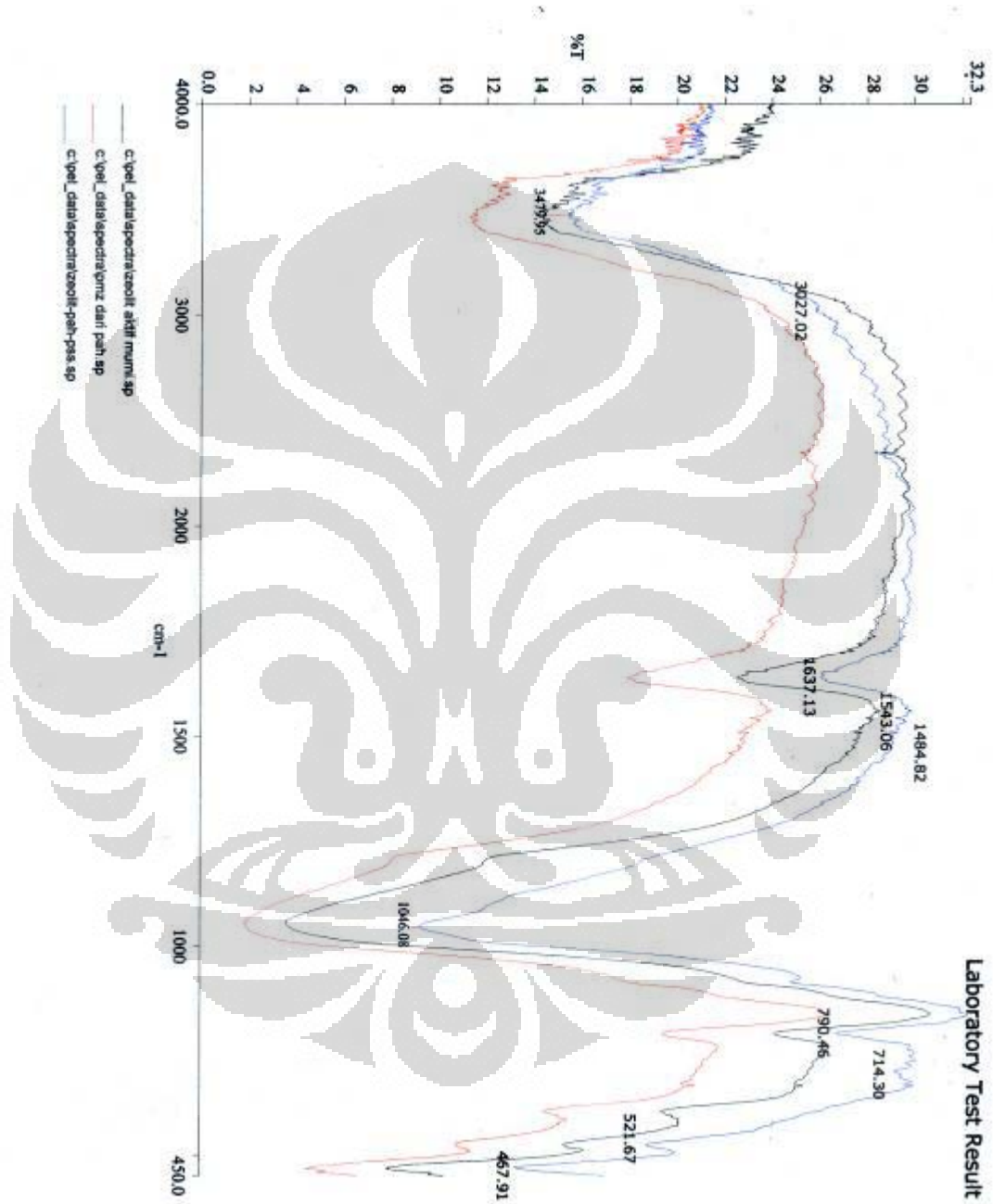
15. Lehr, B. et.al. 1995. Fabrication of Poly(p-phenylene vinylene) (PPV) Nanoheterocomposites Films via Layer-by-Layer Adsorption. *Supramolecular Science*. **2**. 199-207.
16. King, R.B. 1994. *Encyclopedia of inorganic chemistry*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
17. Moulyn, J.A., et.al. 1993. *Studies in surface and catalysis*. Elsevier Publisher.
18. West, R.A. 1984. *Solid state chemistry and its applications*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
19. Linden, C.J. & Franter, F.G. 2000. *Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry, vol 2 & 3*. Academic Press, London.
20. Koga, M., et.al. 1999. Rapid determination of anionic surfactant by improved spectrophotometric method using methylene blue. *Analytical science*. **14**: 563-568
21. Rachmatullah, Agung. 2007. *Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorben Properties Untuk Kemurnian Bioetanol*. Laporan Tugas Akhir Bidang Industri, Departemen Teknik Industri ITB, Bandung.

## LAMPIRAN 1

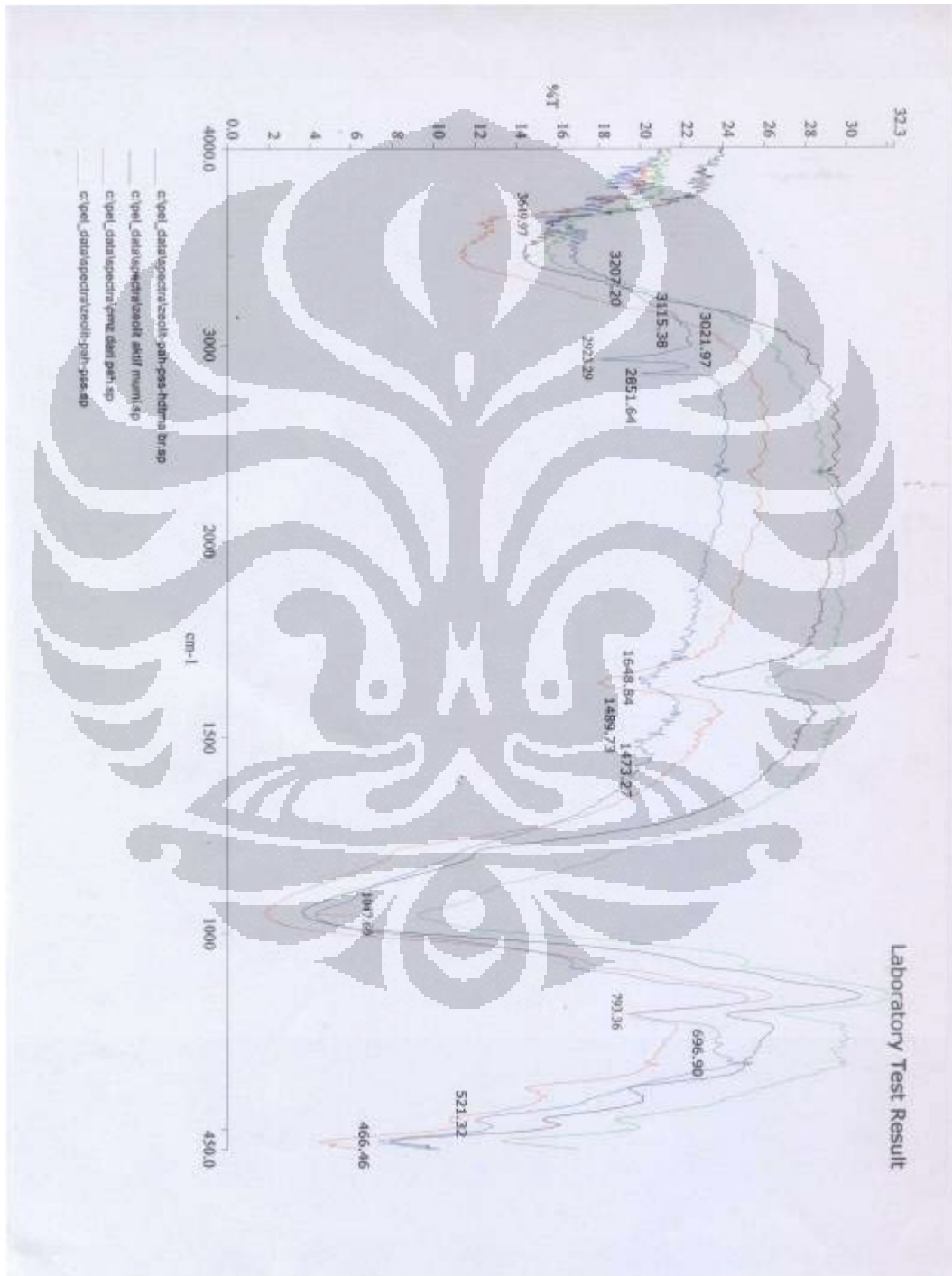
### Bagan Kerja



## Lampiran 2



### Lampiran 3



## Lampiran 4

**Tabel 1. Tabel Variasi Konsentrasi PSS**

[PSS] ( mol/L )	Absorbansi	[PSS] filtrat ( mol/L )	[PSS] Teradsorpsi ( mol/L )	[PSS] Teradsorpsi ( mol/Kg)
0	0	0	0	0
0.000005	0.479	2.80677E-06	2.19323E-06	8.77291E-06
0.00001	0.812	4.78279E-06	5.21721E-06	2.08689E-05
0.00005	0.3515	2.05019E-06	2.94981E-05	0.000117992
0.0001	1.169	6.90122E-06	3.09878E-05	0.000123951
0.0005	0.7894	4.64868E-06	3.51321E-05	0.000140528

**Tabel 2. Data Isoterm Adsorpsi pada PSS**

[PSS] pada saat kesetimbangan (g/L) (Ce)	[PSS] Teradsorpsi (g/Kg)(qe)	Log Ce	Log qe
0.19647403	0.61410388	-0.706694847	-0.211758159
0.33479507	1.46081972	-0.475220946	0.164596623
1.435132713	8.259469146	0.156892064	0.916952135
4.830851941	8.676592235	0.684023727	0.938349188
32.54076	9.83696	1.512427692	0.992860905

## Lampiran 5

**Tabel 3. Faktor pH pada Adsorpsi PSS**

pH	Absorbansi	[PSS] filtrat mol/L	[PSS] Teradsorpsi mol/L	% Adsorpsi
2	1.156	6.82408E-06	3.17592E-05	31.75924662
3	1.109	6.54518E-06	3.45482E-05	34.54821654
4	1.1217	6.62054E-06	3.37946E-05	33.79460127
5	1.1694	6.90359E-06	3.09641E-05	30.9640935
6	1.197	7.06737E-06	2.93263E-05	29.32631541

**Tabel 4. Faktor Kuat Ion pada Adsorpsi PSS**

[NaCl] M	Absorbansi	[PSS] filtrat mol/L	[PSS] Teradsorpsi mol/L	% Adsorpsi
0	1.1083	6.54102E-06	3.45898E-05	34.58975439
0.01	1.106	6.52738E-06	3.47262E-05	34.7262359
0.02	1.0944	6.45854E-06	3.54146E-05	35.41457741
0.04	1.0762	6.35054E-06	3.64946E-05	36.49456151
0.05	0.9472	5.58506E-06	4.41494E-05	44.14939384
0.06	0.9253	5.45511E-06	4.54489E-05	45.44893515
0.08	0.9866	5.81886E-06	4.18114E-05	41.81140629
0.1	1.1053	6.52322E-06	3.47678E-05	34.76777375