

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Zeolit

Indonesia mempunyai zeolit alam yang melimpah. Pertama kali ditemukan pada tahun 1980 di Bayah, Jawa Barat oleh Pusat Penelitian Teknologi Mineral (PPTM) Bandung. Sampai saat ini zeolit telah ditemukan di 43 lokasi di Indonesia⁽¹⁾.

Mineral zeolit banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano. Penyusun utama zeolit adalah modernit dan klipnotilonit dalam berbagai variasi komposisi. Mineral lain yang terkandung didalamnya adalah kuarsa, kristobalit, plagioklas, kalium veldspar, ilit, hallosit dan kalsit.

Istilah zeolit berasal dari kata “Zein” yang berarti membuih dan “Lithos” berarti batu. Dimana air dalam rongga-rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan pada suhu 100 °C^(2,11).

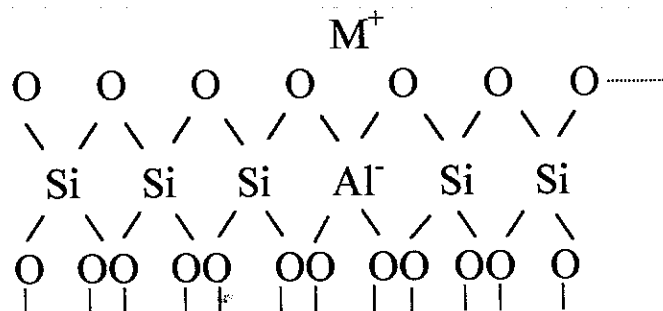
Zeolit didefinisikan sebagai senyawa aluminosilikat yang mempunyai struktur kerangka dengan rongga didalamnya. Rongga tersebut terisi ion-ion logam alkali/alkali tanah yang dikelilingi oleh molekul-molekul air. Keduanya bebas bergerak dan mudah dipertukarkan. Berdasarkan sifat fisika dan kimia zeolit tersebut, zeolit banyak dimanfaatkan sebagai penukar ion, penyaring molekuler, adsorben dan katalis.

Zeolit dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis. Zeolit alam terbentuk karena alterasi ion Si dari debu vulkanis oleh air

danau. Air danau menjadi basa karena debu vulkanis yang terhidroksida. Deposit yang terbentuk kompleks dan tidak seragam. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara kontinu pada dasar-dasar lautan. Zeolit disintesis agar mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sintesa dilakukan berdasarkan sifat zeolit yang unik yaitu modifikasi dari susunan atom maupun komposisinya^(2,3,4,11).

2.2. Struktur Zeolit

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat terhidrasi dengan struktur tiga dimensi. Kerangka struktur zeolit tersusun atas unit-unit tetrahedron $(AlO_4)^{5-}$ dan $(SiO_4)^{4-}$ yang saling berikatan melalui atom oksigen membentuk pori-pori dengan ukuran 2\AA dan 8\AA . Ion Si bervalensi 4, sedangkan Al bervalensi 3. Hal ini menyebabkan struktur zeolit kelebihan muatan negatif, yang diseimbangkan oleh kation-kation logam alkali atau alkali tanah seperti Na^+ , K^+ , Ca^{++} , atau Sr^{++} . Kation-kation tersebut terletak diluar tetrahedra, dapat bergerak bebas dalam rongga-rongga zeolit dan bertindak sebagai “counter ion” yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation lainnya. Sifat –sifat inilah yang mendasari zeolit sebagai penukar kation^(2,3,4).



Gambar 1. Struktur rangka zeolit⁽²⁾.

Struktur zeolit terdiri dari tiga komponen yaitu kerangka aluminosilikat, interkoneksi ruang kosong pada kerangka yang mengandung kation logam dan molekul air yang berada sebagai fasa yang terkurung^(2,12).

Dua aspek penting untuk menjelaskan struktur zeolit adalah topologi dan konfigurasi struktur anionik⁻zeolit. Struktur anionik merupakan unit terkecil yang dapat dipandang sebagai tetrahedra TO_4 dengan T merupakan Si atau Al. Topologi berkaitan dengan dengan pola ikatan Si-O-T (T= Al atau T= Si), sedang konfigurasi menjelaskan penyusunan ikatan yang terbentuk dari kombinasi topologi.

Berdasar kombinasi topologi, kerangka zeolit dapat dikelompokkan dalam satuan bangun dasar (*fundamental building unit*) yaitu:

1. Unit pembangun primer/tetrahedra TO_4 .

Tetrahedra dari 4 ion oksigen dengan T (Si^{4+} atau Al^{3+}) sebagai ion pusat.

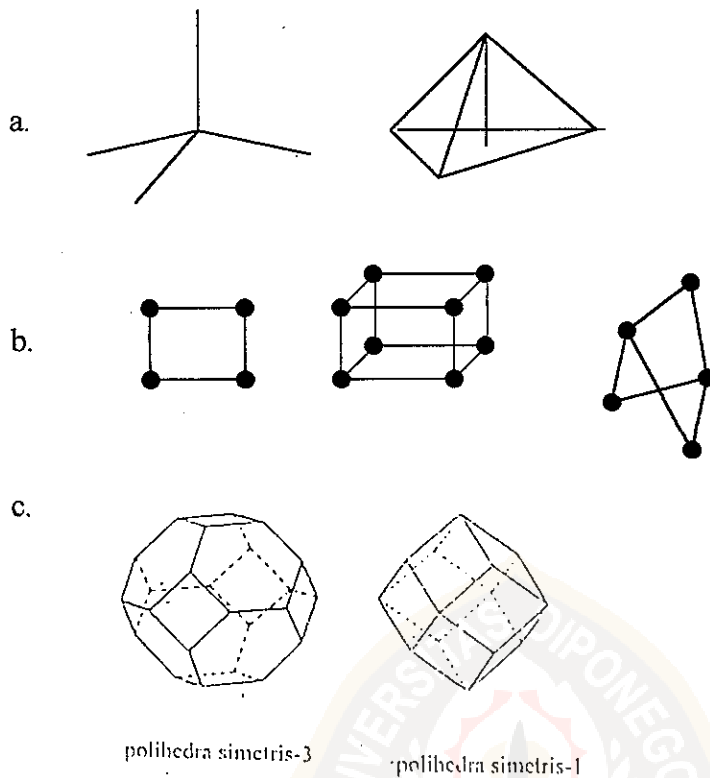
2. Unit pembangun sekunder.

a. Tetrahedra cincin tunggal = S-4, S-5, S-6, S-8, S-10, S-12.

b. Tetrahedra cincin ganda = D-4, D-6, D-8

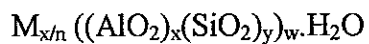
3. Unit bangun polihedra simetri/kompleks

Unit pembangun primer tetrahedra TO_4 berkombinasi membentuk konfigurasi inti pembangun sekunder. Rangkaian dari beberapa unit pembangun sekunder adalah kerangka-kerangka tiga dimensi yaitu unit bangun polihedra. Unit struktur zeolit dibangun dari gabungan unit bangun sekunder dan unit bangun polihedra, seperti yang terlihat pada Gambar 2^(4,12).



Gambar 2. a. Unit pembangun primer, b. unit pembangun sekunder dan c. unit pembangun kompleks^(4,12).

Rumus struktur zeolit berdasarkan pada sel unit kristal, menurut flamigen (1991) rumus unit terkecil dinyatakan sebagai berikut :



Dimana :

n = Muatan kation M

w = Jumlah molekul air kristal

() = Kerangka aluminasilika

x,y = Jumlah tetrahedra AlO_2 dan SiO_2 , $y > x$ ⁽¹²⁾

2.3. Zeolit Sebagai Adsorben

Zeolit dikenal sebagai adsorben dengan selektifitas adsorpsi tinggi, yaitu dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran, konfigurasi dan kepolaran molekul relatif terhadap ukuran serta geometri dari struktur zeolit. Zeolit dengan kadar Si/Al rendah selektif terhadap senyawa polar. Sedangkan zeolit dengan kadar Si/Al tinggi (10-100) cenderung selektif terhadap senyawa-senyawa organik non polar.

Pada keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh air bebas yang berada disekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300-400 °C air tersebut akan keluar, kation-kation menjadi tidak terlindungi sehingga medan listrik meluas dalam rongga utama. Interaksi antara adsorbat dan adsorben menjadi lebih efektif. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk jika unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan.

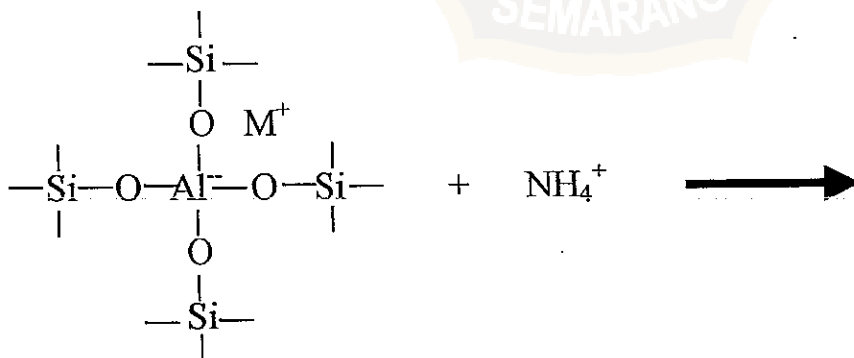
Dehidrasi menyebabkan zeolit mempunyai struktur pori yang sangat terbuka dan mempunyai luas permukaan internal lebih besar sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi selain air. Ukuran cincin utama dalam rongga menentukan beberapa sistem mikropori zeolit, hanya molekul yang mempunyai kepolaran, ukuran dan bentuk sesuai saja yang dapat terserap. Sehingga zeolit dikatakan mempunyai kemampuan penyaring yang tinggi.

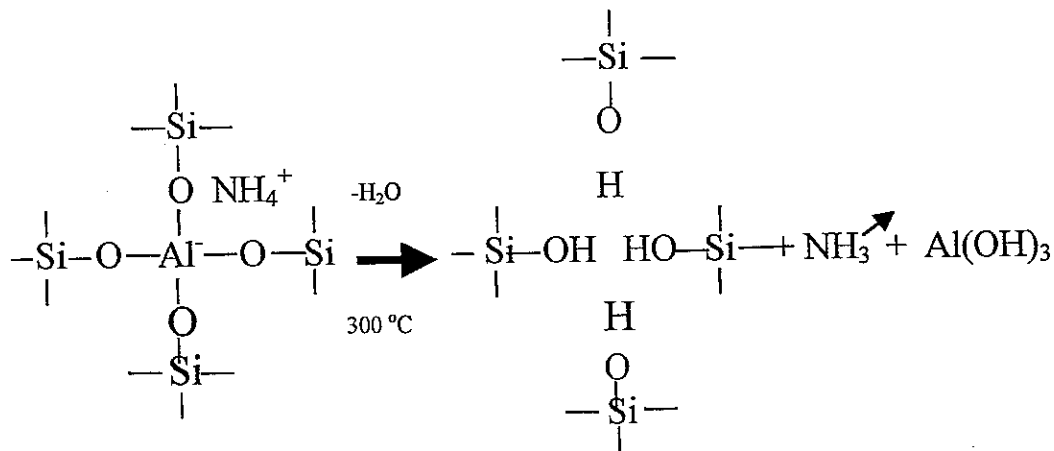
Selektifitas adsorpsi zeolit terhadap molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan penukar kation, dekationisasi dan dealuminasi secara hidrotermal⁽²⁾.

2.4. Dealuminasi Zeolit

Dealuminasi merupakan suatu teknik modifikasi zeolit melalui pengurangan aluminium di kerangka atau permukaan zeolit. Pertama kali dealuminasi zeolit diperkenalkan pada tahun 1960-an dengan reaksi hidrotermal. Proses dealuminasi mempengaruhi ratio Si/Al zeolit. Zeolit rentan terutama jika diserang oleh asam karena sebagian besar lokasi alumina terletak di permukaan dan sedikit sekali yang terlindungi. Teknik lain pembentukan zeolit berkadar alumina rendah adalah dengan kalsinasi bentuk NH_4 -zeolit.

Pertukaran ammonium diikuti oleh dekomposisi termal. Mula-mula terjadi dekationisasi M-zeolit menjadi NH_4 -zeolit. Pemanasan pada suhu $300\text{ }^\circ\text{C}$ akan melepaskan NH_3 sehingga terbentuk gugus hidroksil pada kerangka zeolit. Pemanasan lebih jauh akan memindahkan air dari sisi Bronsted, membuka ion Al terkoordinasi yang mempunyai pasangan elektron akseptor. Model pemisahan aluminium oleh garam ammonium secara sederhana diilustrasikan dalam skema sebagai berikut:





Gambar 3. Mekanisme reaksi dealuminasi dengan ammonium nitrat⁽¹²⁾.

Zeolit dapat digolongkan dalam 4 golongan ditinjau dari ratio Si/Al, yaitu :

a. Zeolit silika rendah

Zeolit ini hampir jenuh oleh aluminium dalam kerangkanya dengan perbandingan Si/Al mendekati satu. Bentuk kerangka molekul merupakan tetrahedra aluminosilikat dan banyak mengandung logam-logam kation. Kedua sifat ini menimbulkan permukaan yang sangat heterogen, selektif terhadap air dan senyawa polar serta berguna untuk pemisahan dan pemurnian. Volume pori-pori dapat mencapai 0,5 cm³/volume zeolit (cm³).

b. Zeolit silika sedang

Zeolit jenis ini lebih stabil terhadap panas dan asam dari pada zeolit silika rendah dan mempunyai ratio Si/Al =5. Permukaannya masih heterogen dan sangat selektif terhadap air dan molekul polar lainnya.

c. Zeolit silika tinggi

Zeolit ini mempunyai ratio Si/Al antara (10-100) bahkan lebih. Permukaannya mempunyai karakteristik lebih homogen dan selektif

terhadap senyawa organik non polar. Zeolit ini sangat kuat untuk menyerap molekul-molekul organik yang rendah kepolarannya dan hanya sedikit bereaksi dengan air dan molekul yang kepolarannya lebih tinggi.

d. Zeolit Si

Zeolit silika tidak mengandung aluminium dan kation serta bersifat organofilik-hidrofobik serta mampu memisahkan molekul-molekul organik dari air⁽²⁾.

2.5. Adsorpsi Dari Larutan

Istilah adsorpsi pertama kali diperkenalkan oleh H. Keyser pada tahun 1881. Adsorpsi didefinisikan sebagai proses terserapnya molekul adsorbat pada permukaan zat padat atau zat cair yang lain. Suatu molekul pada antar muka atau permukaan mengalami ketidakseimbangan gaya, akibatnya molekul-molekul dipermukaan ini mudah sekali menarik molekul lain sehingga keseimbangan gaya akan tercapai. Zat yang teradsorpsi biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka, sehingga terjadi pengurangan tegangan permukaan dan adsorpsi akan berlangsung terus sampai energi bebas permukaan menjadi minimum. Zat yang mengadsorpsi disebut adsorben sedangkan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat^(5,17).

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses adsorpsi adalah terjadinya ikatan yang kuat antara permukaan adsorban dan partikel-partikel adsorbat. Kesesuaian sifat diantara keduanya akan memperkuat ikatan yang terjadi.

Pada proses adsorpsi dalam larutan partikel-partikel adsorbat yang bergerak karena pengocokan suatu saat akan menyentuh adsorben dengan adanya daya tarik-menarik yang kuat antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben, maka sebagian ada yang terikat (teradsorpsi pada permukaan adsorben). Kejadian ini berlangsung terus-menerus sampai terjadi kesetimbangan antara kecepatan adsorpsi dan kecepatan desorpsi. Menurut Gibbs terjadinya adsorpsi zat padat dalam larutan disebabkan adanya tekanan dari dalam larutan yang lebih besar dipermukaan adsorben. Dalam larutan gaya tarik antar pelarut lebih kuat dibanding gaya tarik antar zat terlarut dengan pelarut sehingga tegangan permukaan larutan turun. Adanya adsorben dalam larutan tersebut menyebabkan zat terlarut mudah terserap pada permukaan adsorben.

Gutwich, juga menerangkan bila adsorben berada dalam larutan akan terjadi penarikan zat terlarut dan pelarut ke permukaan adsorben. Apabila gaya tarik adsorben dengan zat terlarut lebih besar maka zat terlarut dapat diadsorpsi.

Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Secara kontak/bath

Proses ini dilakukan dengan cara memasukkan adsorben dalam larutan sampel. Selanjutnya larutan sampel dipisahkan dari adsorbennya melalui penyaringan.

2. Secara perkolasi

Proses ini dilakukan dengan jalan melewatkan larutan sampel kedalam kolom yang berisi adsorben, sehingga zat terlarut dalam larutan sampel terserap oleh adsorben tersebut⁽¹¹⁾.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi agar diperoleh daya adsorpsi yang optimum adalah kualitas adsorben, jumlah adsorben, waktu pengadukan, temperatur adsorpsi dan komposisi kimia.

Ditinjau dari ikatan yang terjadi proses adsorpsi dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu :

1. Adsorpsi fisik

Terjadi oleh adanya gaya-gaya Van der Waals antara adsorbat dan adsorben. Adsorbat tidak menyusup kedalam kisi kristal dan tidak pula melarut kedalamnya tapi menempel pada permukaan adsorben. Bila diameter adsorben lebih besar dari diameter adsorbat, maka adsorbat akan menyusup kedalamnya, asalkan adsorbat membasahi adsorben. Adsorpsi fisik interaksinya lemah dan bersifat reversibel. Energi yang dilepaskan bila partikel teradsorpsi fisik mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi yaitu selalu lebih kecil dari pada 15-20 kkal/mol (63-84 kJ/mol).

2. Adsorpsi kimia

Interaksi yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben lebih kuat. Partikel melekat pada permukaan adsorben dengan membentuk ikatan kimia,

biasanya ikatan kovalen dan panas adsorpsinya 20-30 kkal/mol (84-126 kJ/mol)^(20,22,23).

2.6. Adsorpsi Surfaktan Pada Antar Muka Padat-Cair⁽⁵⁾.

Adsorpsi surfaktan pada antar muka padat-cair dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Sifat gugus-gugus aktif atau gugus-gugus non polar esensial pada permukaan padatan.
2. Struktur molekuler surfaktan yang teradsorpsi, apakah ionik atau non ionik, gugus hidrofobik berantai panjang atau pendek, rantai lurus atau bercabang dan alifatik atukah aromatik.
3. Lingkungan fasa air, yaitu pH, kandungan elektrolit, adanya zat aditif, dan temperatur.

Faktor-faktor tersebut secara bersama-sama menentukan mekanisme terjadinya adsorpsi, efektifitas serta efisiensi adsorpsi. Pada umumnya adsorpsi surfaktan melibatkan ion-ion tunggal dari pada bentuk misel. Zat aktif permukaan dapat teradsorpsi pada permukaan padatan melalui beberapa mekanisme yaitu:

1. Pertukaran ion (“ion exchange”)

Melibatkan pemindahan “counter ion” yang teradsorpsi pada adsorben oleh ion-ion surfaktan yang mempunyai muatan hampir sama.

2. Pasangan ion (“ion pairing”)

Adsorpsi ion-ion surfaktan pada situs aktif adsorben yang mempunyai muatan berlawanan dan tidak ditempati “counter ion”.

3. Ikatan Hidrogen

Adsorpsi yang terjadi oleh pembentukan ikatan hidrogen antara adsorbat dan adsorben.

4. Polarisasi elektron π

Terjadi antara adsorbat yang mempunyai cincin aromatik dengan adsorben yang mempunyai situs aktif positif. Adsorpsi terjadi antara cincin aromatik dengan situs positif adsorben.

5. Gaya dispersi

Adsorpsi terjadi melalui gaya-gaya dispersi London-Van der Waals antara molekul-molekul adsorbat dan adsorben. Adsorpsi melalui mekanisme ini pada umumnya meningkat dengan meningkatnya berat molekul adsorbat.

6. Ikatan Hidrofobik

Terjadi ketika molekul-molekul hidrofobik yang saling berdekatan berinteraksi secara mutualisme. Molekul tersebut cenderung melarikan diri dari lingkungan air menjadi agregat yang cukup besar untuk teradsorpsi pada padatan.

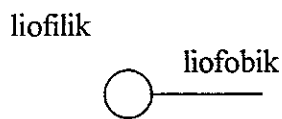
2.7. Surfaktan

Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang pada konsentrasi rendah dalam suatu sistem mempunyai sifat teradsorpsi dipermukaan atau antar muka dan menurunkan tegangan permukaan atau energi bebas antar muka.

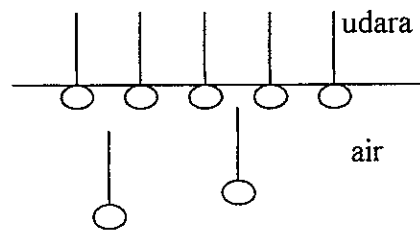
Surfaktan mempunyai karakteristik struktur yang terdiri dari bagian yang berinteraksi sangat lemah dengan pelarut, disebut liofobik dan bersama-sama

bagian yang berinteraksi kuat dengan pelarut disebut liofilik. Sistem tersebut dikenal dengan nama amfifilik.

Surfaktan dalam larutan berbentuk koloid. Dipermukaan, bagian liofilik surfaktan terkonsentrasi pada fasa air dan bagian liofobik terorientasi keluar fasa air atau ke fasa non polar.



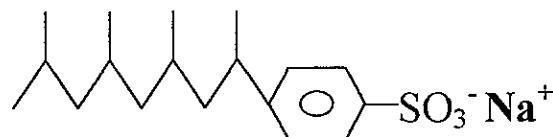
Gambar 4. Surfaktan⁽⁵⁾



Gambar 5. Orientasi molekul surfaktan⁽⁵⁾

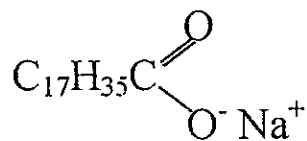
Surfaktan dibagi dalam tiga kelompok besar yaitu, anionik, kationik dan nonionik. ABS (Alkil Benzena Sulfonat) dan Natrium stearat adalah termasuk kelompok jenis anionik.

ABS detergen merupakan bahan pencuci yang baik dan lebih mudah menghilangkan kotoran, menggantikan keril benzena. Struktur ABS meliputi rantai alkil bercabang (bagian non polar) dan benzena yang tersubstitusi sulfat (bagian polar)^(8,25).



Gambar 6. Struktur detergen ABS⁽²⁵⁾

Natrium stearat adalah salah satu jenis sabun yaitu garam logam alkali (biasanya Natrium) dari asam lemak. Struktur Natrium stearat tersusun atas rantai karbon yang panjang (C_{18}) yang berikatan langsung dengan gugus karboksilat. Adanya rantai C yang panjang menyebabkan Natrium stearat kurang larut dalam pelarut air dan alkohol namun larut dalam air dan alkohol panas oleh adanya gugus karboksilat yang bersifat polar⁽¹³⁾.



Gambar 7. Struktur Natrium stearat⁽¹³⁾.

2.8. Karakterisasi

2.8.1. Metode Bahan Aktif Metilen Biru⁽¹⁴⁾

Metode MBAS (Metilen Blue Active Substans) dilakukan berdasarkan pada pembentukan pasangan ion antara surfaktan anionik dengan kationik metilen biru. Sampel surfaktan dicampur dengan larutan metilen biru hasilnya adalah suatu pasangan ion yang bersifat hidrofobik. Kompleks metilen biru-surfaktan dapat diekstrak oleh kloroform. Intensitas warna biru dalam fasa kloroform diukur dengan spektrofotometer.

Metode ini dapat digunakan untuk kadar surfaktan anionik antara 0,025-100 ppm. Konsentrasi surfaktan dinyatakan sebagai konsentrasi MBAS, dan hal ini dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan surfaktan anionik dalam larutan.

2.8.2. Turbidimetri^(15,16)

Turbiditas merupakan sifat optik akibat dispersi cahaya dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang datang. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi adalah fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi lainnya konstan.

Metode pengukuran turbiditas dapat dikelompokkan dalam tiga golongan, yaitu pengukuran perbandingan intensitas cahaya yang dihamburkan terhadap intensitas cahaya yang datang, pengukuran perbandingan cahaya yang diteruskan terhadap cahaya yang datang dan pengukuran efek ekstensi, yaitu kedalaman dimana cahaya mulai tampak di dalam lapisan medium yang keruh. Instrumen pengukur perbandingan adalah Tyndal meter. Dalam instrumen ini intensitas diukur secara langsung. Turbidimetri meliputi pengukuran cahaya yang diteruskan. Turbiditas berbanding lurus terhadap konsentrasi, ketebalan dan juga warna.

Prinsip spektroskopi adsorpsi dapat digunakan pada turbidimeter dan nefelometer. Pada turbidimeter, adsorpsi akibat partikel yang tersuspensi diukur. Sedang pada nefelometer, hamburan cahaya oleh suspensilah yang diukur. Meskipun ketelitian metode ini tidak tinggi tetapi mempunyai kegunaan praktis, sedang akurasi pengukuran tergantung pada ukuran dan bentuk partikel.

Turbiditas yang diakibatkan suatu suspensi adalah :

$$S = \text{Log} \frac{P_o}{P} = \frac{Kbcd^3}{\delta^4 \alpha \lambda^4} \dots\dots\dots [1]$$

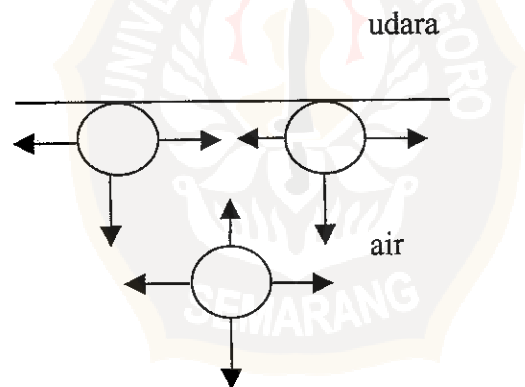
Dimana S adalah turbidansi; P_o adalah intensitas cahaya yang datang; λ adalah panjang gelombang; P intensitas yang dilewatkan; c konsentrasi; b ketebalan

lapisan sampel; d diameter rata-rata partikel dan δ , K adalah tetapan. Persamaan-persamaan ini berlaku untuk larutan encer. Untuk radiasi monokromatis α , K , d , λ , adalah tetapan sehingga persamaan diatas dapat diringkas menjadi :

$$S \propto bc \text{ atau } S = Kbc \dots \dots \dots [2]$$

2.8.3. Tegangan Permukaan⁽¹⁷⁾

Molekul-molekul dalam fasa ruah cairan mempunyai gaya yang sama kesegala arah, sedangkan molekul yang berada dipermukaan atau antar muka mempunyai gaya tarik yang tidak seimbang atau tidak sama kesegala arah, sehingga terdapat kemungkinan beberapa molekul meninggalkan permukaan cairan menuju ke cairan bagian dalam. Permukaan secara spontan akan meregang dan mempertahankan keadaannya, maka timbullah tegangan permukaan.



Gambar 8. Tegangan permukaan⁽¹⁷⁾

Tegangan permukaan sering didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada permukaan sepanjang 1 cm (dyne/cm) atau energi yang diperlukan untuk memperbesar permukaan atau antar muka seluas 1 cm (erg/cm²).

Metode yang paling sederhana untuk menentukan tegangan permukaan adalah metode kenaikan pipa kapiler. Jika pengukuran tidak melibatkan

penggangguan permukaan, dapat digunakan pengaruh waktu singkat. Untuk larutan yang bergerak keatas pipa kapiler

$$\gamma = \frac{rhDg}{2\cos\theta} \dots\dots\dots [3]$$

Jika sudut kontak nol

$$\gamma = \frac{1}{2} r h D g \dots\dots\dots [4]$$

Dimana

r = jari-jari pipa kapiler

h = tinggi cairan dalam pipa kapiler

D = densitas cairan

g = gaya grafitasi bumi

Salah satu sifat surfaktan adalah dapat menurunkan tegangan permukaan relatif terhadap air, sehingga tegangan permukaan dapat dijadikan analisis kualitatif terhadap sampel.

Semakin banyak kandungan surfaktan maka semakin kecil tegangan permukaannya. Penurunan tegangan permukaan yang terendah terjadi pada saat CMC (Critical Micell Concentration), dimana surfaktan sudah bergabung membentuk misel.

Pada saat surfaktan ditambahkan kedalam air, surfaktan akan berada dipermukaan antara air dan udara, sehingga gugus hidrofil pada surfaktan mengikat air dan gugus hidrofob mengikat udara, akibatnya tegangan permukaan akan turun.

2.8.4. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)^(15,18)

Spektroskopi serapan atom merupakan salah satu teknik analisis penentuan unsur. Konsentrasi ion logam dapat ditentukan hingga ppb ($\mu\text{g/l}$) dan tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Hampir semua logam dalam sistem periodik dapat dianalisa menggunakan SSA.

Metode ini didasarkan pada penyerapan energi oleh atom-atom dalam keadaan dasar. Sehingga atom akan tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Energi akan dipancarkan ketika atom kembali ke tingkat dasar.

Jumlah energi yang diserap untuk transisi diantara 2 tingkat energi misal E_0 ke E_1 ditentukan dengan persamaan Bohr :

$$E_1 - E_0 = \Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots [5]$$

Dimana E_0 menyatakan keadaan energi dasar yang elektron-elektron atomnya berada pada tingkat energi terendah dan E_1 menyatakan tingkat energi yang lebih tinggi atau energi tereksitasi λ dan ν adalah panjang gelombang dan frekuensi radiasi, c menunjukkan kecepatan cahaya yang besarnya 3.10^{10} cm/s, dengan tetapan Plank sebesar $6,63 \times 10^{-27}$ erg/s.

Hubungan populasi atom diantara tingkat energi dasar dengan tingkat energi tereksitasi dinyatakan dengan persamaan Maxwell-Boltzmann :

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{g_1}{g_0} e^{-\Delta E / KT} \dots\dots\dots [6]$$

Dimana:

N_1 = Jumlah atom pada tingkat energi yang lebih tinggi.

N_0 = Jumlah atom pada tingkat energi dasar.

g_2/g_1 = probabilitas atom pada tingkat energi dasar dan tereksitasi.

∇E = Energi eksitasi ($h\nu = \frac{hc}{\lambda}$).

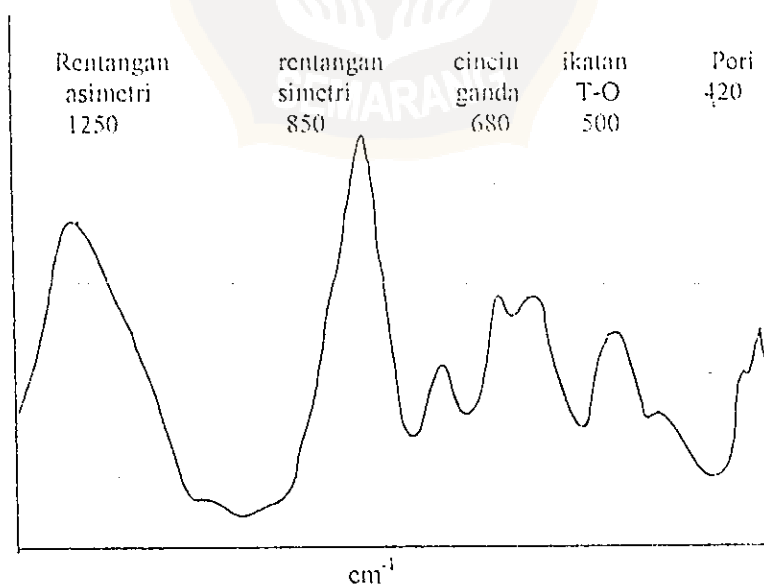
K = tetapan Boltzman ($1,38 \cdot 10^{-16}$ erg k^{-1}).

T = Suhu mutlak (K).

2.8.5. FTIR (Fourier Transform Infra Red)^(15,18)

Spektra IR khususnya tipe transformasi (FTIR) merupakan salah satu teknik analisis kualitatif yang penting untuk mengkararakteristik interaksi yang terjadi antara gugus aktif zeolit terdealuminasi dengan surfaktan.

Pusat aktif zeolit terdapat pada gugus-OH asam Bronsted. Bilangan gelombang untuk model vibrasi ulur -OH berada pada daerah 3650 cm^{-1} , untuk model vibrasi tekuk -OH dalam bidang muncul vibrasinya pada bilangan gelombang sekitar 1050 cm^{-1} . Sedangkan vibrasi tekuk -OH luar bidang akan muncul pada bilangan gelombang sekitar 400 cm^{-1} . Spektrum IR zeolit khas pada daerah $300\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$.



Gambar 9. Spektra IR zeolit⁽⁴⁾.

Inti atom yang terikat secara kovalen mengalami getaran (vibrasi) atau osilasi. Bila molekul menyerap radiasi IR, energi yang diserap menyebabkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Sehingga molekul dalam keadaan vibrasi, tereksitasi. Energi tersebut akan dibuang dalam bentuk panas bila kembali ke keadaan dasar. Tipe ikatan yang berbeda menyerap radiasi IR pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan.

Bila surfaktan teradsorpsi pada permukaan zeolit melalui ikatan kovalen maka akan muncul puncak baru pada spektra FTIR zeolit karakteristik dengan ikatan yang terbentuk.

Ikatan non polar tidak mengadsorpsi radiasi IR karena tidak ada perubahan momen ikatan apabila atom-atom saling berosilasi. Oleh karena itu spektroskopi IR dapat digunakan untuk memperkirakan interaksi yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben^(4,19).

2.8.6. Luas Permukaan^(12, 20)

Metode yang paling umum untuk menentukan luas permukaan padatan adalah dengan adsorpsi isoterms. Adsorpsi ini terjadi karena adanya gaya interaksi molekul. BET (Branauer Emmet dan Teller) telah menurunkan persamaan yang sangat berguna untuk mendapatkan luas permukaan, yaitu

$$\frac{P/P_o}{V_a(1-P/P_o)} = \frac{1}{V_m C} + \left\{ \frac{C-1}{C} x \frac{(p/P_o)}{V_m} \right\} \dots \dots \dots [7]$$

Dimana

V_a = adalah volume yang terserap

T = adalah suhu

P_o = tekanan gas pada suhu T

V_m = volume monolayer gas yang terserap

C = konstanta

Selanjutnya luas permukaan diperoleh melalui persamaan :

$$S = \frac{V_m}{22,4} \times N \times t \times 10^{-28} \dots\dots\dots [8]$$

Dimana

N = bilangan avogadro

t = luas permukaan molekul terserap (0,162 mm² untuk nitrogen cair pada

$T=77$ °K)

