

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Limbah**

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air (*Sugiarto, 1987*). Limbah bisa berupa limbah cair, padat dan gas yang mana limbah ini apabila masuk ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan suatu perubahan terhadap lingkungan apalagi bila kondisi lingkungan yang ada tidak memiliki kemampuan untuk memulihkan kondisinya sesuai dengan daya dukung lingkungan yang ada.

Pengaruh limbah karena polutan utama terdiri dari senyawa organik dan anorganik yang dapat mengganggu kesehatan manusia maupun keseimbangan sistem lingkungan seperti senyawa non-logam amonium dan sulfat.

##### **2.1.1 Sumber, jenis dan macam Air Limbah**

(*Sugiarto, 1987*) menjelaskan, jenis dan macam air limbah dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil atau penyebab air limbah yang secara umum terdiri dari :

a. Air Limbah Domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan penghunian, seperti rumah tinggal, hotel, sekolah, kampus, perkantoran, pertokoan, pasar dan fasilitas-fasilitas pelayanan umum.

b. Air Limbah Industri

Air limbah yang berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik industri logam, tekstil, kulit, pangan, (makanan, minuman), industri kimia dan lainnya.

c. Air Limbah Limpasan dan Rembesan Air Hujan

Air limbah yang melimpas di atas permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah sebagai akibat terjadinya hujan.

### 2.1.2 Karakteristik Air Limbah

Jenis dan tingkat kandungan bahan pencemar di dalam limbah cair akan sangat mempengaruhi dan menentukan karakteristik limbah tersebut. Karakteristik limbah cair pada prinsipnya dapat dibagi menjadi empat, yaitu (*Kasmidjo, dalam Akbar, M. 2006*)

a. Parameter kimia anorganik

Beberapa parameter yang telah digunakan adalah keasaman dan alkalinitas, kesadahan, logam-logam halogen, nitrogen (berupa sulfida, sulfite, sulfat, atau thio sulfat), fosfat, dan sianida.

b. Parameter kimia organik

Kecuali untuk memonitor senyawa organik yang bersifat racun, parameter organik biasanya dimasukkan untuk mengetahui bahan pencemar (limbah) dalam menyerap oksigen dalam proses perombakan, seperti BOD, COD.

c. Parameter biologi

Pencemaran biologi oleh mikrobia penyebab penyakit (*phatogen*) biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat (*MPN*) bakteri untuk Coli. Kelompok bakteri bentuk Coli sebagai indikator mikrobia *phatogen* dikarenakan bahwa bakteri ini berasal dari usus dan mempunyai ketahanan hidup di dalam air yang cukup lama.

d. Parameter fisika

Yang termasuk di dalam parameter ini antara lain : Radioaktifitas, warna, kekeruhan, suhu, total residu penguapan, daya hantar listrik, kadar zat padat tersuspensi, dan kadar zat padat terlarut.

### 2.1.3 Sifat-Sifat Air Limbah

Pencemaran air dapat disebabkan karena limbah yang masuk ke dalam danau, sungai, estuaria, perairan pantai, laut bebas atau badan air lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, perlu diketahui secara mendalam tentang kandungan yang ada didalam air limbah dan juga sifat-sifatnya. (*Sugiharto, 1987*), membedakan air limbah berdasarkan atas sifatnya, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologisnya.

a. Sifat fisik air:

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik air limbah tersebut. Termasuk sifat fisik yang penting antara lain adalah kandungan zat padat, kejernihan, suhu, warna dan bau (*Mahida, dalam Akbar, M. 2006*), juga menganalisis kekeruhan dalam uji coba terhadap sifat fisik air.

b. Sifat kimia air

Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam kandungan air limbah dapat merugikan lingkungan dalam berbagai cara. Bahan kimia dan limbah dapat merubah pH, alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia (*Dix, dalam Akbar, M. 2006*). Pemeriksaan kimia air selain meliputi tolak ukur konsentrasi hydrogen ion (pH), alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrisi kimia seperti zat organik, amoniak, nitrogen, nitrat, nitrit, sulfide, klorida, dan kimia toksik juga menganalisis kandungan oksigen terlarut, BOD, dan COD. Namun demikian (*Mahida, dalam Akbar, M. 2006*) mengatakan bahwa penentuan konsentrasi hydrogen ion (pH), dan kebutuhan klor bukan merupakan uji coba baku.

c. Sifat biologi air

Indikator biologis di dalam air limbah yang digunakan sebagai indikator adanya pertumbuhan bakteri patogen.

#### 2.1.4 Dekomposisi Air Limbah

(Sugiarto, 1987) menjelaskan, air limbah yang dibuang ke alam, (baik tanah maupun badan air) akan mengalami proses dekomposisi secara alamiah yang dilakukan oleh mikroorganisme baik organik yang terdapat dalam air limbah dapat menjadi bahan yang stabil dan diterima oleh lingkungan. Namun alam memiliki keterbatasan dalam melakukan proses tersebut apabila jumlah limbah yang dibuang melebihi kemampuannya (daya dukungnya)

Proses dekomposisi air limbah seperti diuraikan di atas dapat diuraikan sebagai berikut :

a. secara Anaerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/diuraikan/dibusukkan oleh bakteri Anaerob (yang dapat hidup tanpa adanya  $O_2$ ) menjadi senyawa organik sederhana seperti :

- Karbon dioksida ( $CO_2$ )
- Metan ( $CH_4$ )
- Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ )
- Amonia ( $NH_3$ )
- Gas-gas berbau

Unsur-unsur ini menimbulkan bau busuk yang cukup menyengat. Dalam proses ini Air Limbah menjadi keruh, kotor, berbau busuk, serta terjadi pengendapan Lumpur cukup besar. Proses perombakannya berjalan dalam waktu yang cukup lama.

b. Secara Aerobik

Bahan organik terlarut akan dirombak/diuraikan/dibusukkan oleh bakteri Aerob (hidupnya memerlukan  $O_2$ ) dan Fakultatif menjadi energi, gas, bakteri baru dan bahan buangan akhir yang stabil seperti :

- Karbon dioksida ( $CO_2$ )
- Nitrat ( $NO_3$ )
- Sulfat ( $SO_4$ )
- Senyawa-organik stabil

Proses perombakan/penguraian/pembusukan biologis dilakukan oleh bakteri Aerob dengan menggunakan/memanfaatkan  $O_2$  (yang terlarut dalam air limbah) untuk mengoksidasi bahan organik terlarut sampai semuanya terurai secara lengkap.

Agar proses pembusukan biologis dapat berjalan baik maka diperlukan  $O_2$  yang terlarut dalam air limbah dalam jumlah cukup besar.

## 2.2 Membran Keramik

### 2.2.1 Pengertian Membran Keramik

*Membran* adalah lapisan tipis yang memisahkan dua fase dan berlaku sebagai penghalang selektif untuk menyalurkan zat – zat (Ujang, 2004). Menurut jenisnya membran terdiri dari 4 tipe yaitu Mikrofiltrasi, Ultrafiltrasi, Reverse Osmosis dan Nanofiltrasi. Klasifikasi membran berdasarkan ukuran pori dan tekanan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Membran

Tipe Membran	Ukuran Pori	Tekanan
Microfiltrasi	> 50 nm	0,01 – 0,5 MPA
Ultrafiltrasi	2 > pori > 50 nm	0,1 – 1 MPA
Reverse Osmosis	< 2 nm	2 – 10 MPA
Nanofiltrasi	< 2 nm	0,5 – 6 MPA

### 1. Microfiltrasi (MF)

Sampai saat ini untuk ukuran pasti pori-pori yang sebenarnya masih diperdebatkan. Umumnya dapat menyaring partikel-partikel, koloid-koloid, mikroorganisme (termasuk bakteri dan virus) yang berukuran 0,02 sampai 10 mikron. Ukuran fluks terbesar dibandingkan UF, NF, atau RO. Pemisahan yang terjadi pada proses penyaringan dikenal juga sebagai filtrasi permukaan.

Penerapan membran microfiltrasi antara lain :

- Produksi air minum (menghilangkan koloid dan bakteri)
- Proses mineral
- Penguatan kontak (ion exchange, activated carbon)
- Pemisahan Biologis.

### 2. Ultrafiltrasi (UF)

Merupakan proses penyaringan untuk pemisahan sebagai MF. Tekanannya sama dengan MF, namun perbedaan utama dengan MF : ukuran pori-pori (dimana MF > 0,1 micron). Untuk proses pemeliharaan air, UF

digunakan sebagai penjernih dan disinfeksi yang berfungsi untuk memusnahkan semua jenis bakteri dan virus. Tekanan pengoperasian: 50 hingga 500 Kpa.

### 3. Reserve Osmosis (RO)

Proses yang terjadi pada membran RO dikendalikan oleh tekanan dimana pelarut dari larutan ditransfer melalui sebuah membran tebal yang terangkai untuk menahan garam - garaman dan larutan - larutan dengan berat molekular rendah. Jika sebuah larutan garam kental dipisahkan dari air murni dengan RO, perbedaan dalam potensi kimianya adalah adanya kecenderungan untuk menaikkan difusi air dari keadaan encer ke keadaan kental untuk menyeimbangkan kekentalan. Pada titik keseimbangan, perbedaan diantara kedua kompartemen berhubungan dengan tekanan osmosis dari larutan garam. Untuk mendapatkan aliran yang ekonomis dan dapat diamati, setidaknya tekanan osmosisnya harus dikeluarkan dua kali. Untuk air laut, digunakan tekanan dari 5 hingga 8 Mpa.

### 4. Nanofiltrasion (NF)

Nanofiltrasion dikenal juga dengan RO bertekanan rendah. Nanofitrasion terletak diantara RO dan UF dalam hal selektifitas. Berfungsi untuk pemusnahan ion-ion dan organisme-organisme multivalen dimana ion-ion dan organisme-organisme multivalen yang tidak ditolak sempurna oleh nanofiltrasion membutuhkan RO. NF mengarah pada tekanan balik osmosis yang lebih rendah dari RO. Tekanan: 0,5 hingga 1,5 Mpa

Aplikasi Nanofiltrasi digunakan sebagai :



- Pemurnian air
- Pemusnahan zat-zat organik
- Pemusnahan ion-ion multivalen
- Penguraian garam dari produk reaksi organik
- Pemusnahan arsenik.

*Membran Keramik* merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah air laboratorium) dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Dengan bantuan pompa, diberikan tekanan keatas sehingga diharapkan air dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang dapat menurunkan konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4$ ) dan sulfat ( $\text{SO}_4$ ).

Mekanisme Proses yang terjadi dalam proses penyaringan adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah antara lain:

- a. Proses penyaringan adalah proses pemurnian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran pasir (pori) yang berlangsung diantara permukaan pasir.
- b. Proses sedimentasi adalah proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan berbentuk hanya pada dasar bak, sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.

- c. Proses adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media pasir yang bersih mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif
- d. Aktivitas kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
- e. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi. Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat terlarut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

Mekanisme Adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (*Reynolds, dalam Rozalina, C. 2006*).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (*Reynolds, dalam Rozalina, C. 2006*).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar. Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit,

tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (*Reynolds, dalam Rozalina, C. 2006*).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben.

### 2.2.2. Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani “Keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah. Yang dimaksud dengan keramik adalah segala

macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga menjadi keras. Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara  $900^{\circ}\text{C}$  sampai  $1050^{\circ}\text{C}$ , misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramik Pejaten, Bali dan lain-lain. Keramik bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air didalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya. Sering kita jumpai sebuah kendi terbuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara  $1250^{\circ}\text{C}$  dan  $1350^{\circ}\text{C}$  atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air, jelasnya air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik yang diisi air itu, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdencing nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang biasa kita pakai untuk minum tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

### 2.2.3 Bahan Baku Keramik

Bahan baku dari keramik (gerabah) pada penelitian ini adalah bahan alami yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, yaitu mineral lempung seperti kaolinit ( $Al_2(Si_2O_3)(OH)_4$ ) dan bentonit ( $Al, Na, Ca, Mg(Si_2O_5)(OH)_2$ );  $SiO_2$  mengandung mineral seperti pasir silica, dan serbuk gergaji.

#### 1. Susunan Tanah Lempung

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat aluminium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
- b. Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
- c. Berdosisasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa, kalsit, pirit dan feldspar yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air.

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan aluminium oktahedral. Setiap unit tetrahedral (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedral membentuk lembaran silika (*silica sheet*).

## 2. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan struktur mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Amorf, Kelompok alofan
2. Kristalin
  - a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silica tetrahedral dan satu lapisan aluminium oktahedral).
    - i. Ekuidimensional  
Kelompok kaolinite : kaolinite, nacrite, dictrite
    - ii. Memanjang  
Kelompok halloysite
  - b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh dua lapisan silica tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau triohtedral).
    - i. Kisi yang mengembang
      - Ekuidimensional  
Kelompok montmorillonite : montmoriloni, saukonit, vermikulit
      - Memanjang  
Kelompok montmoriloni : nontronit, saonit, hektorit
    - ii. Kisi yang tidak mengembang  
Kelompok illite
  - c. Tipe lapisan campuran yang teratur (susunan yang teratur pada lapisan yang bergantian dari tipe yang berbeda).

- d. Tipe struktur rantai (rantai yang mirip *hornblende* pada silika tetrahedron yang mengandung atom Al dan Mg).

Kelompok miscellaneous : Atapulgit, sepiolite, poligorskit.

### 3. Sifat Fisik Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

#### 1. Flokulasi dan Deflokulasi

Flokulasi dan deflokulasi melukiskan keadaan agregasi dari butir-butir lempung bila bercampur dengan air, lempung-lempung kering atau mineral lempung dengan cepat akan menyerap air, dan air yang terserap itu akan mengendap dengan pemanasan 100 -200° C. Flokulasi adalah proses penggumpalan butir-butir lempung menjadi gumpalan yang lebih besar, sedangkan deflokulasi merupakan kebalikannya yaitu proses dispersi gumpalan-gumpalan menjadi bagian-bagian yang kecil.

#### 2. Plastisitas

Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan lempung dapat diberi bentuk tanpa rekahan-rekahan dan bentuk tersebut akan tetap setelah gaya pembentuknya dihilangkan.

#### 3. *Thixotropy*

*Thixotropy* atau daya bersuspensi adalah suatu sifat mineral lempung atau material lempung yang bila bercampur dengan suatu cairan akan membentuk suspensi. Sifat ini berkaitan dengan keplastisan.



4. Tekstur mineral lempung meliputi ukuran dan bentuk partikel lempung yang mempengaruhi keplastisan, kekuatan, mekanis, kemudahan pada pengeringan dan karakter produk setelah dibakar.

5. Warna lempung

Warna lempung ditentukan oleh kandungan senyawa-senyawa besi atau bahan-bahan karbon, kadang-kadang juga mineral mangan dan titan dalam jumlah yang cukup bisa mempengaruhi warna pada lempung.

6. Kekuatan panas pada mineral lempung

Mineral lempung akan kehilangan air pori-pori bila dilakukan pemanasan diatas suhu  $150^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pemanasan pada suhu  $400-900^{\circ}\text{C}$  air akan meloncat ke atas dari kisi-kisi sebagai kelompok OH dan struktur kristal akan terhancurkan sebagian atau berubah.

#### 4. Sifat Kimiawi Mineral Lempung

Mineral lempung mempunyai sifat-sifat kimiawi sebagai berikut :

1. Pertukaran ion

Salah satu sifat yang penting dari mineral lempung adalah pertukaran elektrik pada partikel dengan mineral lempung akan menarik kation dan anion melalui cara penukaran atau menetralsir, artinya dengan mudah digantikan oleh anion dan kation lain saat kontak dengan ion-ion lain pada larutan yang encer.

2. Interaksi dengan air

a. Sifat hidrasi pada kandungan air yang relatif rendah

Sifat mineral lempung dalam air adalah kompleks dan penting sekali. Sifat ini mempertimbangkan penyerapan air oleh mineral lempung dari suatu keadaan yang relatif kering, yaitu interaksi terjadi ketika molekul air melekat pada permukaan partikel atau berhubungan dengan kation yang dapat berpindah. Penyerapan air oleh mineral lempung dapat terjadi baik oleh hidrasi permukaan kristal ataupun pertukaran kation.

b. Kandungan air yang tinggi (sifat lempung koloid)

Pengembangan osmosis pada ruang antar lapisan relatif besar diperlihatkan oleh bentuk pertukaran  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Li}^+$  pada monomorilonit yang dapat dijelaskan dari teori lapisan ganda elektris. Dasarnya adalah lapisan lempung berharga negatif menyebabkan penarikan kation dan penolakan anion (Olphen, dalam Akbar, M. 2006).

c. Interaksi dengan bahan organik

Beberapa molekul organik yang terdapat di air, dapat dengan mudah diserap oleh mineral lempung. Pada beberapa kejadian terutama untuk molekul organik tak terkutub, kekuatan interaksinya relatif lemah hanya dengan penyerapan secara fisik. Ikatan antara mineral lempung dan bahan organik terjadi melalui :

- i. Ikatan hidrogen
- ii. Kekuatan ion dwi kutub
- iii. Pertukaran kation
- iv. Pertukaran anion

Pada lempung-lempung yang kering, muatan negatif di permukaan dinetralkan oleh adanya *exchangable cation* (ion-ion positif yang mudah diganti) lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostik. Bila air kemudian ditambahkan pada lempung tersebut, kation-kation dan sejumlah kecil anion-anion (ion-ion bermuatan negatif) akan “berenang” diantara partikel-partikel itu. Keadaan seperti ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double Layer*).

#### 5. Permeabilitas Tanah (Lempung)

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang cair atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik energi yang lebih rendah. (*Christady, dalam Nutayla, N. 2006*).

Untuk tanah lempung yang dibuat gerabah mengalami perlakuan seperti pemadatan, pengeringan, pembakaran. Gerabah yang masih mentah pori-porinya lebih kecil, karena pori lempung berisi air dan udara, setelah mengalami pembakaran air dan udara menguap sehingga pori melebar.

#### 6. Porositas Tanah Lempung

Porositas merupakan sejumlah ruang pori-pori yang berisi air dan udara. Ruang pori-pori ini menjadi penting karena di dalamnya air dan udara bebas bergerak. Banyaknya air yang bergerak melalui tanah lempung berkaitan erat dengan jumlah dan ukuran pori-pori tanah.

Banyaknya ruang kosong di dalam tanah tergantung pada butir-butir, semakin besar butir-butir semakin besar pula ruang pori demikian juga sebaliknya. Menurut Sarwo Hardjowigeno udara dan air mengisi pori-pori tanah. Banyaknya pori-pori  $\pm 50\%$  dari volume tanah, sedangkan jumlah air dan udara berubah-ubah.

#### 7. Pasir Kwarsa

Dalam penelitian ini pasir kuarsa digunakan sebagai komposisi campuran dalam pembuatan reaktor membran keramik. Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat-sifatnya. Sifat-sifat tersebut antara lain :

- a. Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu : membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub-angular*), menyudut (*angular*), dan gabungan (*compound*). Pasir yang berbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada bentuk yang menyudut.
- b. Ukuran butiran pasir. Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang lebih besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.
- c. Sebaran ukuran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu :
  1. Sebaran ukuran butir sempit. yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 (dua) macam saja

2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90 % ukuran butir pasir terdiri dari satu macam saja.
  3. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3 (tiga) macam.
  4. Sebaran ukuran butir pasir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari lebih dari tiga (tiga) macam.
- d. Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Kandungan  $\text{SiO}_2$  dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan  $\text{SiO}_2$  makin tinggi daya penyerapannya. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi :
- a.  $\text{SiO}_2$  : 35.50 - 99.85 %
  - b.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 0.01 - 9.14 %
  - c.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 0.01 - 18.00 %
  - d.  $\text{CaO}$  : 0.01 - 0.29 %

#### 8. Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji digunakan sebagai campuran dalam pembuatan reaktor membran keramik. Serbuk gergaji merupakan limbah yang selalu ada pada tiap industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar 11-15%, sedang pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya persentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergar tung dari

beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe gergaji, tebal bilah gergaji (*kerf*), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Juga dapat ada yang dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian. Selain itu, serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang.

### 2.3 Pembuatan Keramik

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan keramik, pengeringan, penyusunan dalam tungku pembakaran.

#### 1. Pengolahan bahan baku.

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hampir semua bahan alami murni mengandung banyak *grit*. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis. Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir bahan yang dikehendaki. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

#### 2. Pembentukan badan keramik

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubbermold pressing*, *extrusion molding*, *slip testing* dan *injection molding*. *Die Pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10-20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain jubin lantai dan jubin dinding. *Rubber mold pressing* digunakan pada bubuk

padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatik dalam ruang.

*Ektrusion molding* merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati, contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

### 3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan kekuatan kepada barang-barang mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak.

Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain dianginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah. Pada pembuatan keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

#### 4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *Sinering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *Pressure sintering* dengan materi dasar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  memerlukan suhu  $1700^\circ\text{C}$ - $1800^\circ\text{C}$  pada gas Nitrogen ( $\text{N}_2$ ). *Hot pressing* dengan bahan dasar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  memerlukan suhu  $1700^\circ\text{C}$ - $1800^\circ\text{C}$  dengan tekanan  $200\text{-}500 \text{ Kg/cm}^2$ . *Reaction sintering* dengan bahan dasar  $\text{SiO}_2$  dibakar pada suhu  $1350^\circ\text{C}$  - $1600^\circ\text{C}$ . *Chemical vapor deposition (CVD)* dengan bahan dasar  $\text{SiH}_4$  dan  $\text{NH}_3$  dipanaskan pada suhu  $800^\circ\text{C}$ - $1400^\circ\text{C}$ . selain itu masih ada metode-metode lain seperti *Hot Isolatic Press (HIP)*, *atmospheric pressure sintering*, *Ultra high pressure sintering*, *Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, dalam Rozalina, C. 2006).

Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorbsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, Rozalina, C. 2006).

Tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

##### 1) Tahap penghilangan uap

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu  $500^\circ\text{C}$ . Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organis bahan. Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai



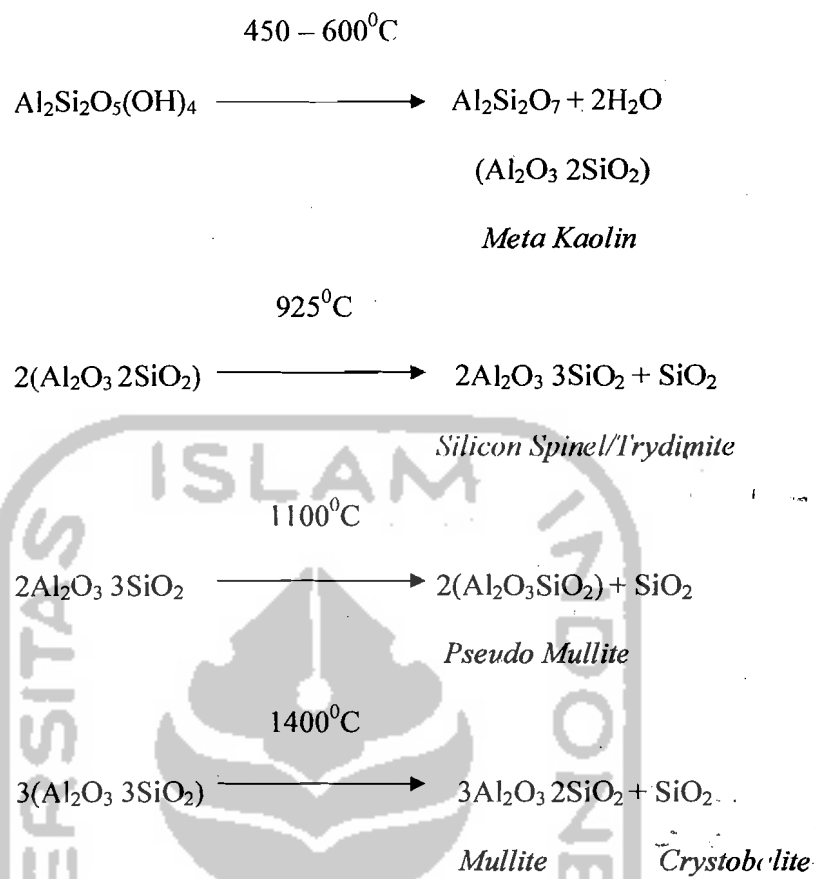
ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300°C-400°C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

## 2) Tahap penggelasan

Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573°C. Pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silika. Pada proses pendinginan suhu 573°C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kwarsa*. Setelah suhu mencapai 600°C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900°C-1200°C.

## 3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara. Proses perubahan bentonit alam dalam pembakaran dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.1** Proses Perubahan Bentonit Alam Dalam Pembakaran  
(Meda Sagala, 2000).

Perubahan komposisi kaolin dalam pembakaran dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Perubahan Komposisi Kaolin Dalam Pembakaran

Temperatur	Peristiwa yang Terjadi
30 -150°C	- Penguapan air mekanis dan air terserap
500 – 600°C	- Penguapan air mineral/ air kimia/ air kristal dari mineral lempung kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
850 – 1050°C	- Terjadi reaksi eksotermal ketika terjadi reaksi peruraian keseimbangan (disosiasi) membentuk Mullite dan Trydimite $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow 3\text{AlO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \text{ (amorph)} + 4\text{SiO}_2 \text{ (trydimate)}$
1350°C	- Kristalisasi awal dari mineral Mullite ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )
1470°C	- Tyrdimite berubah menjadi Crystobalite stabil ( $\text{SiO}_2$ )
1470 + 1790°C	- Keseimbangan Mullite-Crystobalit
+ 2000°C	- Melebur

## 2.4 Parameter Yang Diteliti

### 2.4.1 Amonium ( $\text{NH}_4$ )

Amonium terdapat dalam sumber-sumber air, secara alamiah terdapat pada air permukaan terutama pada air limbah. Terdapatnya amonium dalam air erat hubungannya dengan siklus pada N di alam ini. Dengan melihat siklus tersebut dapat diketahui bahwa ammonium dapat terbentuk dari :

- Dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung N baik yang berasal dari hewan (misalnya feses) oleh bakteri.
- Hidrolisa urea yang terdapat pada urine hewan.
- Dekomposisi bahan-bahan organik dari tumbuh-tumbuhan yang mati oleh bakteri.
- Dari  $\text{N}_2$  atmosfer, melalui pengubahan  $\text{N}_2\text{O}_5$  oleh loncatan listrik di udara, menjadi  $\text{HNO}_3$  karena persatuannya dengan air, dan selanjutnya jatuh ke tanah oleh hujan. Dengan melalui pembentukannya menjadi protein organik yang terjadi selanjutnya, dan oleh dekomposisi bakteri akhirnya akan terbentuk ammonium.

Amonium adalah oksidasi lanjutan dari bentuk dasar nitrogen, sehingga masih mengandung ion. Keberadaannya biasanya bersamaan dengan nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) namun amonium tidak bereaksi dengan 2 zat tersebut, sehingga dapat dipisahkan bila ingin dianalisis.

Adapun sifat-sifat ammonium adalah sebagai berikut :

1. Amonium adalah suatu zat kimia yang tidak menunjukkan adanya warna, ini merupakan suatu karakteristik.

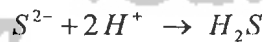
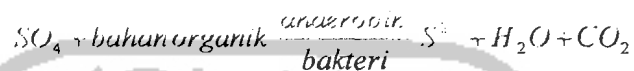
2. Bersifat basa karena dapat membiarkan lakmus merah.
3. Amonium apabila dilarutkan dalam air akan membentuk Amonium hidroksida pada derajat asam  $\pm 7$  (Keenan, 1992).
4. Merupakan gas yang mudah menguap, berbau busuk (menyengat) dan tidak berwarna, mudah dicairkan dan sangat mudah larut dalam air, kira-kira 700 liter gas ini melarut dalam 1 liter zat pada tekanan kamar. Kelarutan dalam air menghasilkan alkali lemah, titik leleh  $77,8^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $33,4^{\circ}\text{C}$ . (Keenan, 1992).
5. Amonium dalam keadaan basa apabila ditambah reagen Nessler (suatu larutan  $\text{K}_2\text{HgI}_4$  yang alkalis) akan terbentuk warna coklat + kuning, kalau terdapat banyak amonium akan terjadi endapan coklat (Keenan, 1992).

Secara umum ammonium berpengaruh pada kesehatan manusia bila jumlahnya terlalu banyak, antara lain dapat menyebabkan iritasi dan korosi. Amonium merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung. Pertumbuhan mikroorganisme dapat “booming” bila konsentrasi ammonia melimpah. Dalam treatment air, ammonium bereaksi dengan klor dan mengganggu proses disinfektan yang dilakukan oleh klor.

#### 2.4.2 Sulfat ( $\text{SO}_4$ )

Ion Sulfat adalah salah satu anion yang banyak terjadi pada air alam. Ia merupakan sesuatu yang penting dalam penyediaan air untuk umum karena pengaruh pencucian perut yang bisa terjadi pada manusia apabila ada dalam konsentrasi yang cukup besar.

Apabila dalam air terdapat kandungan sulfat ( $\text{SO}_4$ ) tinggi maka akan menimbulkan masalah bau dan masalah korosi pada perpipaan yang diakibatkan dari reduksi sulfat menjadi hidrogen sulfide dalam kondisi anaerobik yang disebabkan oleh  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut :



$\text{H}_2\text{SO}_4$  merupakan asam kuat yang selanjutnya akan dapat bereaksi dengan logam-logam yang merupakan bahan dari pipa yang dipergunakan, dan terjadilah apa yang dinamakan korosi. Masalah bau disebabkan karena terbentuknya  $\text{H}_2\text{S}$  yang merupakan suatu gas yang berbau.

Efek laksatif pada asam sulfat dapat ditimbulkan pada konsentrasi 600 – 1000 mg/l, apabila  $\text{Mg}^+$  dan  $\text{Na}^+$  merupakan kation yang bergabung dengan  $\text{SO}_4$ . efek laksatif yang ditimbulkan oleh terbentuknya  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  atau  $\text{MgSO}_4$  ini adalah berupa timbulnya rasa mual dan ingin muntah.

#### 2.4 Hipotesa

Terjadi penurunan kandungan Amonium dan Sulfat setelah melalui proses filtrasi dengan menggunakan membran keramik.

