

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Membran

Membran merupakan penghalang yang bersifat permeabel dan selektif antara dua fase. Fase pertama adalah umpan (*feed*), sementara fase kedua adalah hasil pemisahan (*permeate*) sebagai air bersih. Proses pemisahan pada membran terjadi dengan cara perpindahan material melewati membran dengan proses transpor aktif dan pasif. Transpor aktif adalah perpindahan material yang akan dipisahkan secara langsung, sedangkan transpor pasif dapat digerakkan oleh perbedaan tekanan, konsentrasi, atau perbedaan temperatur di antara kedua sisi membran (Mulder 1996).

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeable yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (*spesi*) dalam suatu sistem larutan. *Spesi* yang memiliki ukuran yang lebih besar dari pori membran akan tertahan sedangkan *spesi* dengan ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan lolos menembus pori membran. Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk, serta struktur kimianya. Membran demikian biasa disebut sebagai membran semipermeable, artinya dapat menahan *spesi* tertentu, tetapi dapat melewatkan *spesi* yang lainnya. Fasa campuran yang akan dipisahkan disebut umpan (*feed*), hasil pemisahan disebut sebagai *permeate*.

Kekurangan teknologi membran antara lain : *fluks* (hasil akhir air bersih keluaran membran) dan *selektifitas* (kemampuan membran untuk menyaring) karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena *fluks* berbanding terbalik dengan *selektifitas*. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektifitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang

diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi *fluks* dan *selektifitas* (Iqbal, dkk).

2.2 Klasifikasi membran

Membran yang digunakan dalam pemisahan molekul dapat diklasifikasikan berdasarkan morfologi, kerapatan pori, fungsi, struktur, dan bentuknya.

2.2.1 Berdasarkan morfologinya

Dilihat dari morfologinya, membran dapat digolongkan dalam dua bagian yaitu :

a. Membran Asimetrik

Membran asimetrik adalah membran yang terdiri dari lapisan tipis yang merupakan lapisan aktif dengan lapisan pendukung dibawahnya. Ukuran dan kerapatan pori untuk membran asimetris tidak sama, dimana ukuran pori dibagian kulit lebih kecil dibandingkan pada bagian pendukung. Ketebalan lapisan tipis antara 0,2-1,0 dan lapisan pendukung sublayer yang berpori dengan ukuran antara 50-150 .

b. Membran Simetrik

Membran simetris adalah membran yang mempunyai ukuran dan kerapatan pori yang sama disemua bagian, tidak mempunyai lapisan kulit. Ketebalannya berkisar antara 10-200 . Membran ultrafiltrasi terdiri atas struktur asimetris dengan lapisan kulit yang rapat pada suatu permukaan. Struktur demikian mengakibatkan solut didalam umpan tertahan dipermukaan membran dan mencegah terjadinya pemblokiran didalam pori.

2.2.2 Berdasarkan kerapatan pori

Dilihat kerapatan porinya, membran dapat dibedakan dalam dua bagian yaitu :

a. Membran rapat (Membran tak berpori)

Membran rapat ini mempunyai kulit yang rapat dan berupa lapisan tipis dengan ukuran pori dari 0,001 dengan kerapatan lebih rendah. Membran ini sering digunakan untuk memisahkan campuran yang memiliki molekul-molekul berukuran kecil dan ber BM rendah, sebagai contoh untuk pemisahan gas dan pervaporasi. Permeabilitas dan selektifitas membran ini ditentukan oleh sifat serta type polimer yang digunakan.

b. Membran berpori

Membran ini mempunyai ukuran lebih besar dari 0,001 dan kerapatan pori yang lebih tinggi. Membran berpori ini sering digunakan untuk proses ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, hyperfiltrasi. Selektifitas membran ini ditentukan oleh ukuran pori dan pengaruh bahan polimer.

2.2.3 Berdasarkan fungsinya

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorongan (ΔP) yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi enam macam, yaitu membran yang digunakan pada proses reverse osmosis, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, elektrodialisa dan pervaporasi.

a. Reverse Osmosis

Reverse osmosis merupakan proses perpindahan pelarut dengan gaya dorong dan perbedaan tekanan, dimana beda tekanan yang digunakan harus lebih besar dari beda tekanan osmosis. Ukuran pori pada proses osmosa balik antara 1-20 dan berat molekul solute yang digunakan antara 100-1000. Dengan adanya pengembangan membran asimetris, proses osmosis balik menjadi sempurna, terutama digunakan untuk memproduksi air tawar dari air laut.

b. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi mempunyai dasar kerja yang sama dengan osmosa balik, tetapi berbeda dengan ukuran porinya. Untuk ultrafiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan yaitu 0,01-0,1 dengan BM solute antara 1000-500.000 g/mol. Proses pemisahannya ukuran molekul yang lebih kecil dari diameter pori akan menembus membran, sedangkan ukuran molekul yang lebih besar akan tertahan oleh membran.

c. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi mempunyai prinsip kerja yang sama dengan ultrafiltrasi, hanya berbeda pada ukuran molekul yang akan dipisahkan. Pada mikrofiltrasi ukuran molekul yang akan dipisahkan 500-300.000 dengan BM solute dapat mencapai 500.000 g/mol, karena itu proses mikrofiltrasi sering digunakan untuk menahan partikel-partikel dalam larutan suspensi.

d. Dialisa

Dialisa merupakan proses perpindahan molekul (zat terlarut atau solut) dari suatu cairan ke cairan lain melalui membran yang diakibatkan adanya perbedaan potensial kimia dari solute. Membran dialisa berfungsi untuk memisahkan larutan koloid yang mengandung elektrolit dengan berat molekul kecil. Proses secara dialisa sering digunakan untuk pencucian darah pada penderita penyakit ginjal.

e. Elektrodialisa

Elektrodialisa merupakan proses dialisa dengan menggunakan bantuan daya dorong potensial listrik. Elektrodialisa berlangsung relatif lebih cepat dibandingkan dengan dialisa. Pemakaian utamanya adalah desalinasi (penurunan kadar garam) dari juice.

f. Pervaporasi

Pervaporasi merupakan proses perpindahan massa melalui membran dengan melibatkan perubahan fasa didalamnya dari fasa cair ke fasa

uap. Gaya dorong proses pervaporasi adalah perbedaan aktifitas pada kedua sisi membran yang menyebabkan terjadinya penguapan karena tekanan parsial lebih rendah daripada tekanan uap jenuh. Pada umumnya selektifitas pervaporasi adalah tinggi, proses pervaporasi sering digunakan untuk memisahkan campuran yang tidak tahan panas dan campuran yang mempunyai titik azeotrop. Proses pemisahan secara pervaporasi menggunakan membran non pori/dense dan asimetris. Keunggulan proses pervaporasi yaitu penggunaan energi relatif rendah.

2.2.4 Berdasarkan strukturnya

Berdasarkan strukturnya, membran dibedakan menjadi dua golongan (Mulder, 1996), yaitu :

a. Membran Homogen

Membran Homogen merupakan membran yang tidak berpori, mempunyai sifat sama setiap titik, tidak ada internal layer dan dalam perpindahan tidak ada hambatan.

b. Membran Heterogen

Membran Heterogen adalah suatu membran berpori atau tidak berpori, tersusun secara seri dari type yang berbeda, sehingga dalam perpindahan mengalami hambatan.

2.2.5 Berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya membran dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

a. Membran Datar

Membran datar mempunyai penampang lintas besar dan lebar. Pada operasi membran datar terbagi atas :

1. Membran datar yang terdiri dari satu lembar saja
2. Membran datar bersusun yang terdiri dari beberapa lembar tersusun bertingkat dengan menempatkan pemisah antara membran yang berdekatan.

b. Membran spiral

Membran spiral bergulung yaitu membran datar yang tersusun bertingkat kemudian digulung dengan pipa sentral membentuk spiral.

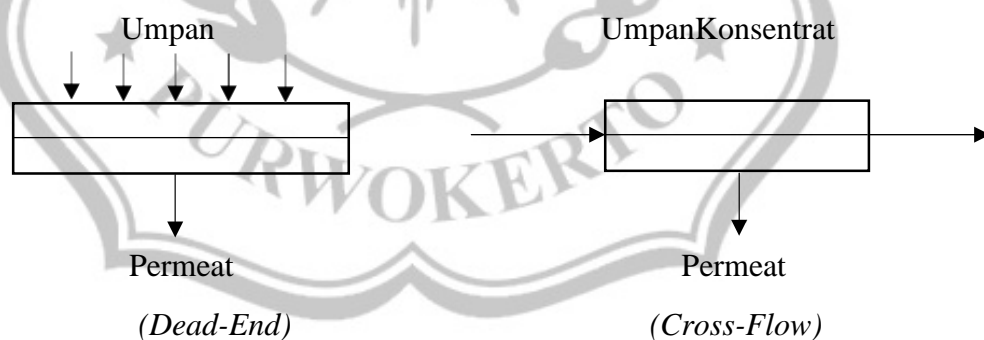
c. Membran Tubular

Membran tubular adalah membran yang membentuk pipa memanjang. Membran jenis ini terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Membran serat berongga ($d < 0,5$ mm)
2. Membran kapiler (d 0,5-5,0 mm)
3. Membran tubular ($d > 5,0$ mm)

2.3 Type aliran Umpan

Pada dasarnya ada dua type konfigurasi aliran pada proses pemisahan menggunakan membran yaitu type aliran melintas (*Dead-End*) dan aliran silang (*Cross-Flow*). Perbedaan kedua type proses pemisahannya dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 type proses pemisahan (Kimura, S, 1995)

Pada filtrasi aliran melintas, umpan dialirkan tegak lurus ke permukaan membran sehingga partikel terakumulasi dan membentuk suatu lapisan pada permukaan membran, hal ini berdampak terhadap penurunan *fluks* dan *rejeksi*.

Pada type aliran silang (*Cross-Flow*), umpan mengalir sepanjang permukaan membran sehingga hanya sebagian yang terakumulasi.

2.4 Karakteristik membran

Untuk memahami proses pemisahan dengan membran, akan ditentukan karakteristik membran yang hubungannya dengan sifat dan struktur membran seperti kandungan air, ukuran pori, jumlah pori, luas membran, dan ketebalan membran.

2.4.1 Kandungan air

Kandungan air merupakan tingkat kemampuan polimer untuk menyerap air. Sifat ini ditunjukkan oleh adanya gugus yang bersifat hidrofilik dalam rantai polimer. Polimer yang banyak mengandung gugus hidroksil akan bersifat hidrofilik. Kandungan air ini akan mempengaruhi difusivitas penetrasi melalui membran karena semakin banyak yang terikat dengan membran, akan menyebabkan rantai polimer bebas bergerak, sehingga molekul semakin mudah menembus membran polimer melewati ruang kosong antara rantai polimer dengan rantai lainnya.

2.4.2 Ukuran dan Jumlah pori

Pada proses pemisahan menggunakan membran ukuran dan jumlah pori merupakan faktor yang harus dipertimbangkan agar memenuhi standar ultrafiltrasi. Ukuran pori akan menentukan sifat selektifitas membran, yaitu kemampuan dari membran untuk menahan molekul-molekul zat terlarut, sehingga tidak ada yang lolos menembus pori membran. Sedangkan jumlah pori menentukan sifat permeabilitas membran yaitu kemudahan membran untuk melewatkan molekul-molekul air, dimana jika permeabilitas membran yang dihasilkan tinggi, maka membran layak digunakan.

2.4.3 Ketebalan Membran

Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan

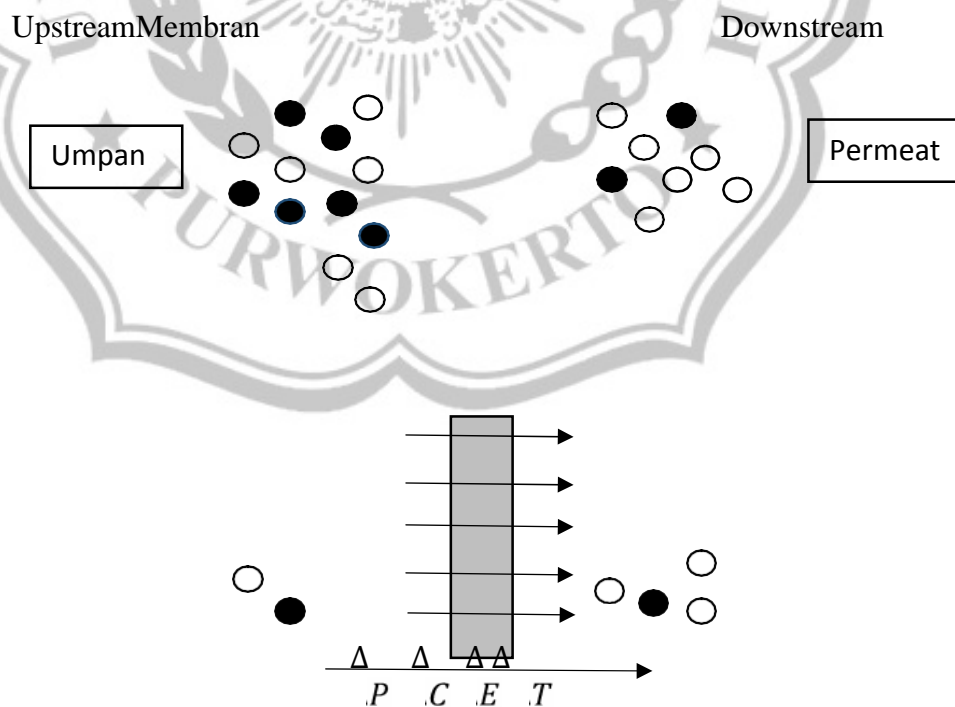
membran PVA diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 1-3mm (Ma'ruf, et. al. 2015).

2.4.4 Luas Membran

Luas membran yang telah dibuat disesuaikan dengan luas modul membran dari rancangan alat, dimana pengukuran panjang dan lebar membran ini dilakukan secara manual dengan menggunakan mistar.

2.5 Prinsip Pemisahan dengan Membran

Proses pemisahan dengan menggunakan media membran, dapat terjadi karena membran mempunyai sifat selektifitas yaitu kemampuan untuk memisahkan suatu partikel dari campurannya. Hal ini dikarenakan partikel memiliki ukuran lebih besar dari pori membran. Untuk lebih jelasnya mengenai proses pemisahan dengan menggunakan membran dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2. Proses Pemisahan dengan Membran (Mulder, M, 1995).

Maka akan terjadi upstream dan downstream. Upstream merupakan sisi umpan terdiri dari bermacam-macam molekul (komponen) yang akan dipisahkan, sedangkan downstream adalah sisi permeat yang merupakan hasil pemisahan. Pemisahan terjadi karena adanya gaya dorong (driving force) sehingga molekul-molekul berdifusi melalui membran yang disebabkan adanya perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC), perbedaan energi (ΔE), perbedaan temperature (ΔT). Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pemisahan dengan membran meliputi :

- a. Interaksi membran dengan larutan
- b. Tekanan
- c. Temperature , dan
- d. Konsentrasi polarisasi

Dalam penggunaannya, pemilihan membran didasarkan pada sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Stabil terhadap perubahan temperatur
- b. Mempunyai daya tahan terhadap bahan-bahan kimia
- c. Kemudahan untuk mendeteksi kebocoran
- d. Kemudahan proses penggantian
- e. Efisiensi pemisahan

Prinsip proses pemisahan dengan membran adalah pemanfaatan sifat membran, dimana dalam kondisi yang identik, jenis molekul tertentu akan berpindah dari satu fasa fluida ke fasa lainnya. Disisi lain membran dalam kecepatan yang berbeda-beda, sehingga membran bertindak sebagai filter yang sangat spesifik, dimana satu jenis molekul akan mengalir melalui membran, sedangkan jenis molekul yang berbeda akan “tertangkap” oleh membrane. *Driving force* yang memungkinkan molekul untuk menembus membran

antara lain adanya perbedaan suhu, tekanan atau konsentrasi fluida. *Driving force* ini dapat dipicu antara lain dengan penerapan tekanan tinggi, atau pemberian tegangan listrik. Terdapat dua faktor yang menentukan efektivitas proses filtrasi dengan membran : faktor selektivitas dan faktor produktivitas. Selektivitas adalah keberhasilan pemisahan komponen, dinyatakan dalam parameter Retention (untuk sistem larutan), atau faktor pemisahan [α] (untuk sistem senyawa organik cair atau campuran gas). Produktivitas didefinisikan sebagai volume/massa yang mengalir melalui membran per satuan luas membran dan waktu, dan dinyatakan dalam parameter flux. Nilai selektivitas dan produktivitas sangat bergantung pada jenis membran.

2.6 Membran Ultrafiltrasi

Operasi membran dapat diartikan sebagai proses pemisahan dua atau lebih komponen dari aliran fluida melalui suatu membran. Membran berfungsi sebagai penghalang (*Barrier*) tipis yang sangat selektif diantara dua fasa, hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran (*Mulder, 1996*). Proses membran melibatkan umpan (cair dan gas), dan gaya dorong (*driving force*) akibat perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC) dan perbedaan energi (ΔE). Proses membran Ultrafiltrasi (UF) merupakan upaya pemisahan dengan membran yang menggunakan gaya dorong beda tekanan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi pori membran. Proses pemisahan terjadi pada partikel-partikel dalam rentang ukuran koloid. Membran ini beroperasi pada tekanan antara 1-5 bar dan batasan permeabilitasnya adalah 10–50 l/m².jam.bar. Terapan teknologi membran ini untuk dapat menghasilkan air bersih dengan syarat kualitas air minum. Air baku dimasukkan ke bejana yang berisi membran semi permeabel, dengan memberikan tekanan. Ini merupakan proses fisis yang memisahkan zat terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilalui pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (rejeksi), juga praktis untuk menghilangkan zat organik. Kontaminan lainnya seperti koloid akan tertahan

oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring (sieve) molekul BM nominal. Membran yang dipakai untuk ultrafiltrasi mempunyai struktur membran berpori dan asimetrik. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah discale up dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH). Walaupun demikian, membran mempunyai keterbatasan seperti terjadinya fenomena polarisasi konsentrasi, fouling, yang menjadi pembatas bagi volume air terolah yang dihasilkan dan juga keterbatasan umur membran.

2.7 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Membran

Jika dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, keunggulan dari teknologi membran antara lain adalah :

- Proses pemisahan dapat dilaksanakan secara berkesinambungan (*continuous*).
- Konsumsi energi umumnya rendah.
- Dapat dengan mudah dipadukan dengan teknologi pemisahan lainnya (*hybrid*).
- Umumnya dioperasikan dalam kondisi sedang (bukan pada tekanan dan temperatur tinggi) dan sifat membran mudah untuk dimodifikasi.
- Mudah untuk melakukan *up-scaling*.
- Tidak memerlukan aditif.

Namun demikian, dalam pengoperasiannya, perlu juga diperhatikan hal-hal berikut :

- Penyumbatan/*fouling*.
- Umur membran yang singkat.
- Selektivitas yang rendah.

Fouling atau penyumbatan merupakan masalah yang sangat umum terjadi, yang terjadi akibat kontaminan yang menumpuk di dalam dan permukaan pori membran dalam waktu tertentu. *Fouling* tidak dapat dielakkan, walaupun membran sudah melalui proses pre-treatment. Jenis *fouling* yang terjadi sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk diantaranya kualitas umpan, jenis membran, bahan membran, dan perancangan serta pengendalian proses. Tiga jenis *fouling* yang sering terjadi pada membran adalah *fouling* akibat partikel, biofouling, dan *scaling*. Kontaminasi ini menyebabkan perlunya beban kerja lebih tinggi, untuk menjamin kapasitas membran yang berkesinambungan. Pada titik tertentu, beban kerja yang diterapkan akan menjadi terlalu tinggi, sehingga proses tidak lagi ekonomis. *Fouling* dapat diminimalisasi dengan cara menaikkan pH sistem, menerapkan sistem *backwash*, serta penggunaan zat disinfektan untuk mencegah bakteri yang dapat menyerang membran. Sedangkan cara untuk menyingkirkan *fouling* adalah dengan *flushing* atau *chemical cleaning*.

2.8 Kinerja Membran pada proses Ultrafiltrasi

Kinerja atau efisiensi membran dalam ultrafiltrasi ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi.

2.8.1 Fluks

Fluks didefinisikan sebagai banyaknya spesi yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran persatuan waktu. Fluks ditentukan oleh jumlah pori membran. Fluks demikian dinyatakan sebagai fluks volume (J_v) yang dinyatakan sebagai berikut (Mulder, M, 1995) :

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

J_v = Fluks volume (ml/cm².det)

V = volume permeat (ml)

A = Luas membran (cm²)

t = waktu tempuhan (det)

2.8.2 Rejeksi

Rejeksi didefinisikan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Rejeksi ditentukan oleh ukuran pori membran. Rejeksi yang diamati adalah rejeksi yang tidak melibatkan molekul yang menempel pada membran atau tanpa terjadi akumulasi. Rejeksi dinyatakan sebagai berikut (Mulder, M, 1995) :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Harga rejeksi bergantung pada berat molekul zat terlarut yang digunakan, bila R = 100 % , berarti membran tersebut menolak sempurna zat terlarut atau menahan sempurna zat terlarut, sehingga hampir tidak ada zat terlarut yang berhasil menembus pori membran.

2.9 Bahan Dasar Membran Keramik

2.9.1. Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat memiliki sifat paling stabil dan paling tahan tererosi. Agar tanah liat dapat digunakan untuk membentuk benda keramik maka harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1) Sifat Plastis

Sifat plastis berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga benda yang dibentuk tidak akan mengalami keretakan, pecah atau berubah bentuk.

2) Memiliki kemampuan bentuk

Tanah liat juga harus memiliki kemampuan bentuk yaitu kualitas penompang bentuk selama proses pembentukan berlangsung yang berfungsi sebagai penyangga.

3) Susut kering dan susut bakar

Tanah liat yang terlalu plastis biasanya memiliki persentase penyusutan lebih dari 15%, sehingga apabila tanah liat tersebut dibentuk akan memiliki resiko retak dan pecah yang tinggi.

4) Suhu kematangan (vitrifikasi)

Suhu bakar keramik berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu keadaan benda keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.

5) Porositas

Fluks membran keramik secara langsung berhubungan dengan porositas, dimana membran keramik yang bagus adalah membran dengan porositas tinggi. tetapi tidak menurunkan kekuatan mekanik membran tersebut.

2.9.2. Zeolit

Zeolit (Zeinlithos) atau berarti juga batuan mendidih, di dalam riset-riset kimiawan telah lama menjadi pusat perhatian. Setiap tahunnya, berbagai jurnal penelitian di seluruh dunia, selalu memuat pemanfaatan zeolit untuk berbagai aplikasi, terutama yang diarahkan pada aspek peningkatan efektivitas dan efisiensi proses industry. Struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polihedral dan membentuk polihendra dan akhirnya unit struktur zeolit (Sinly Evan Putra. 2007).

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral

serbaguna. Sifat sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion.

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H₂O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H₂O 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 (Sinly Evan Putra, 2007). Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusatpusat 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. Pusatpusat 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.

2.10 Polivinil Alkohol (PVA)

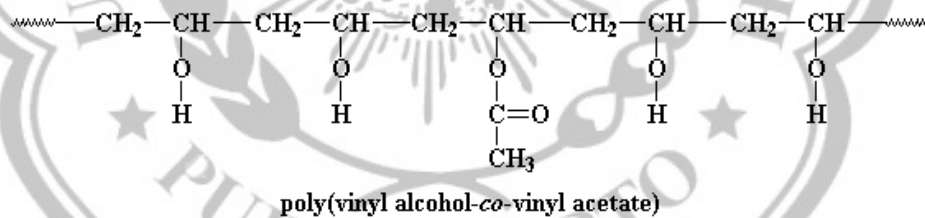
Polivinil Alkohol merupakan polimer yang sangat menarik karena memiliki karakter yang sesuai untuk aplikasi dalam bidang farmasi dan biomedis. Polimer ini paling umum digunakan karena salah satu sifatnya yaitu hidrofilik. Sifat mekanik dari PVA merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogel. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan

gugus hidroksil yang tidak beraturan. Monomernya yaitu Vinil Alkohol yang tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan tautomer dengan asetaldehid. PVA dagang biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). Mutu PVA dagang yang baik ditentukan oleh derajat hidrolisisnya. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya, maka kelarutannya akan semakin rendah. PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dengan air pada suhu 70°C. Polivinil Alkohol adalah salah satu dari sedikit polimer yang bersifat dapat larut dalam air. Sifat kimia dan fisika dari Polivinil Alkohol membuat polimer ini memiliki andil penting dalam dunia perindustrian sehingga diproduksi secara luas di dunia.

Polivinil Alkohol pertama kali ditemukan oleh Haehnel dan Herman melalui reaksi adisi alkali pada larutan bening alkohol Polivinil Asetat yang kemudian menghasilkan larutan berwarna cokelat muda yang kemudian diketahui merupakan Polivinil Alkohol. Polivinil Alkohol kemudian diperkenalkan pertama kali secara komersial pada tahun 1927. Berbagai bentuk Polivinil Alkohol (PVA) digunakan sebagai bahan aditif dalam proses-proses sintesis produk kimia. Kegunaan utama dari PVA adalah sebagai bahan adesif (perekat), sebagai *protective colloid* bagi proses emulsi polimerisasi serat, bahan pembuat polivinil butiral, serta sebagai pelapis kertas. *Water-soluble PVA films* bersifat mudah terdegradasi oleh air sehingga digunakan sebagai bahan baku pembuatan beton dan semen sertapelapis kantung *laundry*, pestisida, herbisida, serta pupuk. Polivinil Alkohol dalam jumlah yang kecil dimanfaatkan sebagai *emulsifier* untuk kosmetik, lapisan film pelindung, perekat tanah untuk menghindari erosi. Polivinil Alkohol juga dapat digunakan sebagai *polarizer* dan banyak digunakan di daerah Asia sebagai bahan pembuatan panel *liquid-crystal display* (LCD), dimana pada daerah ini terdapat beberapa produsen besar alat-alat elektronik yang menggunakan LCD seperti televisi, telepon selular, komputer, dan tablet. Polimer ini merupakan perekat yang baik serta memiliki ketahanan terhadap minyak dan pelumas. Film PVA

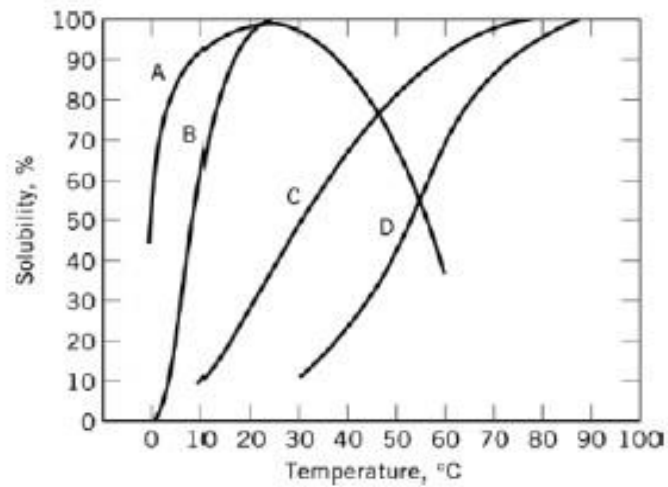
memiliki daya tegang atau *tensile strength* yang tinggi serta tahan terhadap abrasi. Selain itu tegangan permukaan polimer ini juga rendah sehingga dapat memfasilitasi emulsifikasi yang baik dan memiliki sifat sebagai *protective colloid*.

Kegunaan PVA lainnya adalah sebagai bahan pengemulsi dan *stabilizing agent* pada industri petrokimia, bahan aditif pada semen yang berfungsi menambah sifat kohesi dan fluiditasnya, serta bahan pengatur ukuran benang pada industri tekstil. Berbagai kegunaan tersebut menjadikan PVA sebagai salah satu komoditas yang penting dan banyak dibutuhkan dalam industri rekayasa produk kimia. Berbeda dari senyawa polimer pada umumnya yang diproduksi melalui reaksi polimerisasi, poli (vinil alkohol) diproduksi secara komersial melalui hidrolisis poli (vinil asetat) dengan alkohol karena monomer dari vinil alkohol tidak dapat dipolimerisasi secara alami menjadi PVA. Produk PVA dijumpai sebagai kopolimer dari vinil asetat dan vinil alkohol. Rumus struktur polivinil alkohol dengan kopolimer vinil asetat dijabarkan pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3. Rumus Struktur Poli(vinil Alkohol)

Sifat fisis dari PVA ditentukan oleh kondisi polimerisasi dari poli(vinil asetat), kondisi pada saat hidrolisis, proses pengeringan, dan proses penggilingan. Polivinil Alkohol dalam kondisi ruangan berbentuk bubuk putih dengan titik lebur berkisar antara 2200°C-2670°C. Polivinil alkohol larut pada pelarut yang bersifat polar seperti air, *dimethyl sulfoxide*, *acetamide* serta *dimethylformamide*. Kelarutan poli (vinil alkohol) adalah fungsi dari derajat polimerisasi serta derajat hidrolisis, yang diilustrasikan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Pengaruh Derajat Polimerisasi terhadap Kelarutan Polivinil Alkohol.

Keterangan:

A = Derajat hidrolisis PVA 78-81%

B = Derajat hidrolisis PVA 87-89%

C = Derajat hidrolisis PVA 90-98%

D = Derajat hidrolisis PVA 98-99%

Kurva A hingga D mewakili polimer dengan derajat hidrolisis paling rendah (A) hingga paling tinggi (D). Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa, semakin tinggi derajat hidrolisis PVA, maka semakin tinggi pula suhu yang dibutuhkan untuk melarutkannya. Polivinil Alkohol dapat diproduksi dari hidrolisis berbagai macam polivinil ester misalnya polivinil asetat, polivinil format, polivinil benzoat, dan dari polivinil benzoate serta hidrolisis dari polivinil eter. Namun, secara umum, polivinil alkohol yang beredar di pasaran diproduksi dengan cara hidrolisis polivinil asetat. Proses produksi polivinil alkohol dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu polimerisasi vinil asetat monomer dengan inisiator azobisisobutironitril kemudian bagian kedua adalah hidrolisis dari polivinil asetat menjadi polivinil alkohol.

2.11 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium Dioksida (TiO₂) dapat juga disebut Titania atau Titanium (IV) oksida merupakan bentuk oksida dari titanium secara kimia dapat ditulis TiO₂. Senyawa ini dimanfaatkan secara luas dalam bidang anatas sebagai pigmen, bakterisida, pasta gigi, fotokatalis dan elektroda dalam sel surya. Titanium dioksida TiO₂ dapat dihasilkan dari reaksi antara senyawa titanium tetraklorida (TiCl₄) dan O₂ yang dilewatkan melalui lorong silika pada suhu 700⁰C. Senyawa TiO₂ bersifat amorf, terlarut secara lambat dalam H₂SO₄ (aq) pekat, membentuk kristal sulfat dan menghasilkan produk titanat dengan alkali cair. Sifat senyawa TiO₂ adalah tidak tembus cahaya, memiliki warna putih, lembab, tidak beracun, dan harga relatif murah.

Titanium Dioksida (TiO₂) memiliki tiga fase, yaitu anatas, rutil, brookit. Akan tetapi hanya anatas dan rutil yang keberadaannya di alam cukup stabil. Kemampuan foto aktivitas semikonduktor TiO₂ dipengaruhi oleh morfologi, luas permukaan, kristanilitas dan ukuran partikel. Anatas diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada rutil. Sedangkan, bentuk Titanium Dioksida (TiO₂) yang stabil adalah rutil.

Serbuk Titanium Dioksida (TiO₂) dengan struktur rutil paling luas penggunaannya karena indeks biasnya tinggi, warna yang kuat, dan sifat kimianya yang inert. Struktur anatas lebih baik untuk aplikasi sel surya berbasis sensitiser zat warna pada lapis tipis Titanium Dioksida (TiO₂).

Secara fisika TiO₂ memiliki masa jenis yang rendah, tahan karat, memiliki biokompabilitas yang tinggi dengan tubuh (Supriyanto, dkk, 2007), sehingga dapat digunakan sebagai produk implan dalam tubuh. Titanium memiliki sifat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisika TiO₂

No.	Sifat	Nilai
1	Densitas	4 g.cm ⁻³
2	Porositas	0%
3	Modulus shear	90 Gpa
4	Elastisitas	23 Gpa
5	Resistivitas (25°C)	10 ¹²
6	Resistivitas (700°C)	2,5 X 10 ⁴
7	Konstanta dielektrik 1 MHz	85 Volt/mil
8	Ekspansi termal RT – 1000 °C	9 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
9	Konduktivitas termal 25°C	11,7 WmK ⁻¹

Secara kimia titanium dioksida dituliskan dengan lambang TiO₂. Senyawa ini biasa digunakan sebagai pigmen pada cat tembok. TiO₂ merupakan kristal yang berwarna putih dan juga salah satu logam berlimpah nomor empat di dunia setelah aluminium, besi, dan magnesium. Selain itu, TiO₂ juga tahan terhadap degradasi warna akibat sinar matahari dengan titik lebur 1885°C. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur yaitu Ti-46 sampai Ti-50 dengan Ti-48 yang paling banyak terdapat di alam (73,8%). (Merck, 2000)

