

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeabel 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 akan lolos menembus pori membran (Kesting, RE, 2000).

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 (Kesting, RE, 2000) 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 μm dan lapisan pendukung sublayer yang berpori dengan ukuran antara 50-150 μm .

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 μm . 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 fungsinya

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorongan (ΔP) yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi tujuh macam, yaitu membran yang digunakan pada proses reverse osmosis, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, dan elektrodialisa (LG, Wenten, 1995).

a. Reverse Osmosis

Reverse osmosis merupakan proses perpindahan pelarut dengan gaya dorong perbedaan tekanan, dimana beda tekanan yang digunakan harus lebih besar dari beda tekanan osmosis. Ukuran pori pada proses osmosa balik antara 1-20 μm dan berat molekul solut 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 μm dengan BM solut 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 γ , dengan BM solut 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 solut. 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 penggunaan energi relatif rendah.

2.2.3 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.

2.2.4 Berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya membran dapat dibagi menjadi dua macam (R, Rautenbach, 1997), 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.

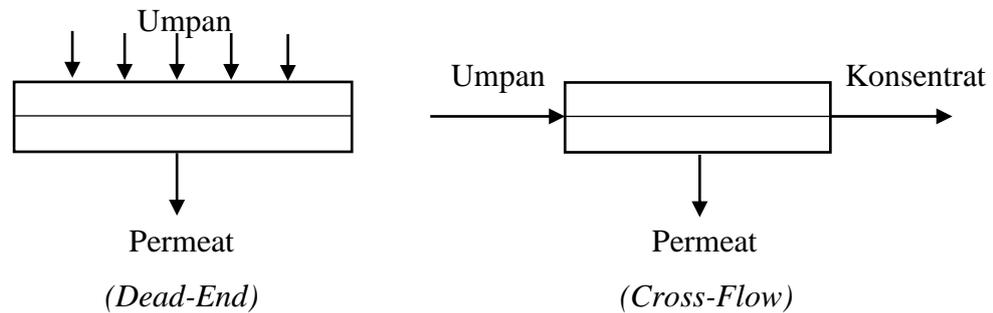
c. Membran Tubular

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.



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 dalam 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 penetran 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 polysulfon diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 50-150 μm (Rautenbach., 1997).

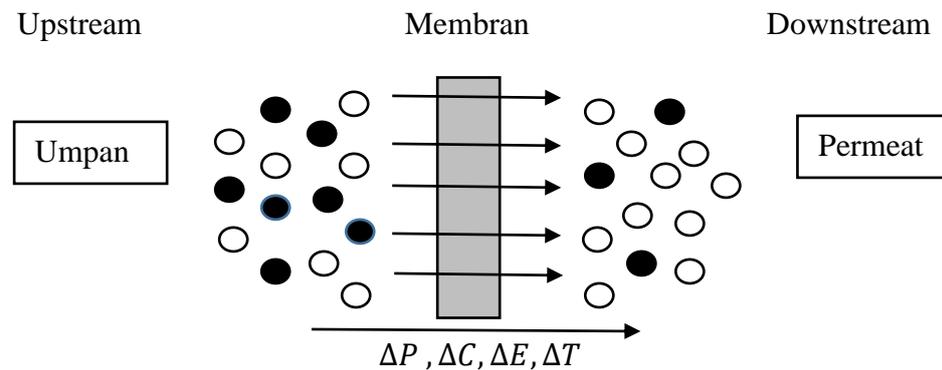
2.4.4 Luas Membran

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 Proses Pemisahan dengan Membran

Proses Pemisahan dengan menggunakan media membran dapat terjadi karena membran mempunyai sifat selektifitas yaitu kemampuan untuk memisahkan suatu partikel dari campurannya (Kesting, RE., 2000).

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 (Wenten., 1999)

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. Temperatur , dan
- d. Konsentrasi polarisasi

Dalam penggunaannya, pemilihan membran didasarkan kepada 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

2.6 Kinerja Membran pada Proses 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 (*Malleviale., 1996*). 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 semipermeabel, 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 (*Wenten., 1996*) yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah di-scale 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.

Beberapa parameter utama dalam proses pemisahan menggunakan membran yaitu **Permeabilitas** dan **Permselektivitas**.

2.6.1 Permeabilitas

Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran. Secara kuantitas, permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai fluks atau koefisien permeabilitas. Definisi dari fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai (Mulder., 1996) :

$$J = V / A \times t \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: :

J = Fluks ($l/m^2 \cdot jam$)

V = Volume permeat (ml)

A = Luas permukaan membran (m^2)

t = Waktu (jam)

Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu akibat adanya polarisasi konsentrasi, fouling dan scaling. Secara berkala dilakukan pencucian dengan air, ataupun dengan zat kimia (chemical washing) seperti misalnya dengan NaOH, Na acetat atau asam sitrat untuk mengatasi fouling yang terjadi.

2.6.2 Permselektivitas

Permselektivitas suatu membrane merupakan ukuran kemampuan suatu membrane untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan permselektivitas membran adalah koefisien rejeksi (R). Koefisien rejeksi adalah fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai

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

Dimana :

R = Koefisien rejeksi (%)

C_p = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

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.

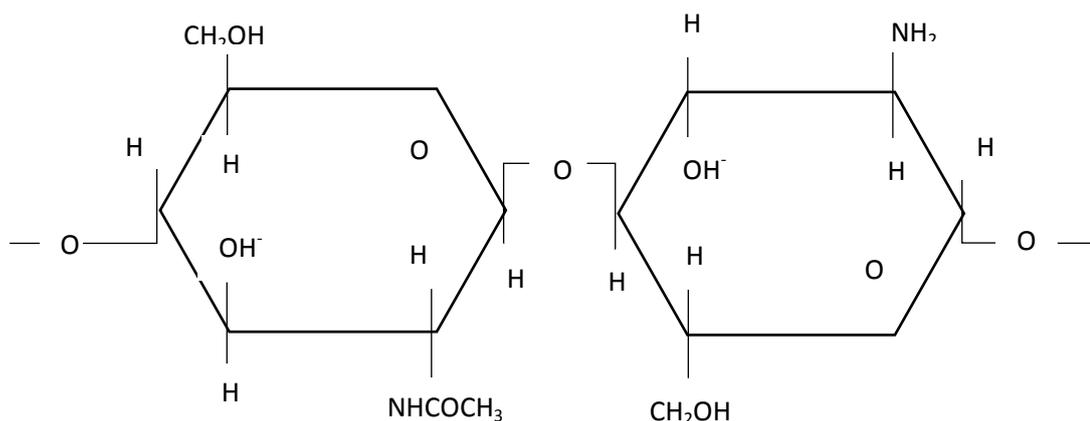
Pada titik tertentu, beban kerja yang diterapkan akan menjadi terlalu tinggi, sehingga proses tidak lagi ekonomis. *Fouling* dapat diminimalisasi dengan cara menaikkan pH sistem, menerapkan sistem *backwash*, serta penggunaan zat disinfektan untuk mencegah bakteri yang dapat menyerang membran. Sedangkan cara untuk menyingkirkan *fouling* adalah dengan *flushing* atau *chemical cleaning*.

2.8 Membran Komposit Kitosan-PVA

Membran Komposit merupakan membran asimetri yang terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan pendukung yang berpori dan lapisan aktif dari material yang berbeda (Hariyanti R.S, 2008). Pada penelitian Indah Fajarwati (2012) telah dibuat Membran Komposit yang terbuat dari bahan baku Kitosan dan Polivinil Alkohol (PVA).

2.8.1 Kitosan

Kitosan adalah produk deasetilasi kitin yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-Glukosa), memiliki rumus molekul $[C_6H_{11}NO_4]_n$ dengan bobot molekul $2,5 \times 10^5$ Dalton. Kitosan berbentuk serpihan putih kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa. Dibawah ini merupakan struktur kitosan (Purwantiningsih; 2009)



Gambar 2.3 Struktur Kitosan

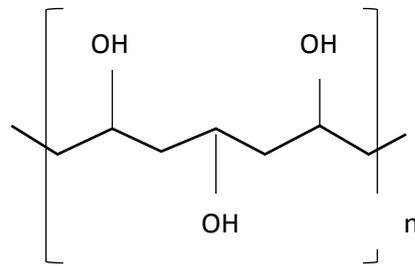
Keberadaan gugus amina pada kitosan menyebabkan kitosan larut dalam asam. Pelarutan Kitosan dalam asam akan membentuk larutan kental yang dapat digunakan untuk pembuatan gel dalam berbagai variasi seperti butiran, membran, ataupun serat.

Optimasi yang dilakukan pada pembuatan membran kitosan oleh Aryanto (2002) menggunakan pelarut asam asetat, asam sitrat dan asam formiat dengan konsentrasi 10% pada konsentrasi kitosan 1, 3, 5 dan 7 % memperlihatkan bahwa pelarut dan konsentrasi yang digunakan dalam pembuatan membran adalah konsentrasi 7 % dan asam asetat.

Pembuatan membran Kitosan dapat dimodifikasi dengan menggunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan stabilitas dan karakter membran, bahan yang biasa digunakan sebagai penstabil membran antara lain glutaraldehida dan genipin (Jin dkk, 2004), keduanya merupakan agen pertautan silang pada kitosan. Polimer lain juga dapat ditambahkan pada larutan kitosan untuk pembentukan karakter gel pada membran, polimer tersebut antara lain adalah PVA (Wang dkk, 2004).

2.8.2 Polivinil Alkohol

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 (wang dkk, 2004). Struktur PVA dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur Polivinil Alkohol

Menurut penelitian Irwan Noezar dkk (2008) mengenai pembuatan membran PVA, membran tersebut memiliki sifat yang sangat mudah berinteraksi dengan air. Hal ini disebabkan karena gugus fungsional yang dimilikinya berupa gugus OH⁻ sehingga membran bersifat hidrofilik. Molekul-molekul air akan berinteraksi dengan membran melalui pembentukan ikatan hidrogen. Gugus hidroksil yang terdapat pada rantai polimer akan menyebabkan membran PVA bersifat Polar. Sifat Hidrofilik dan kepolaran membran akan menentukan selektivitas dan fluks membran.

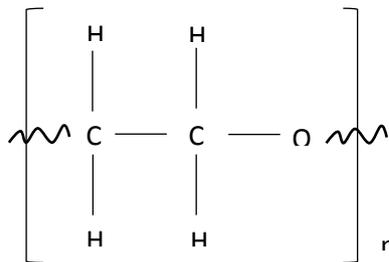
PVA dagang biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). Mutu PVA dagang yang baik ditentukan oleh derajat hidrolisisnya. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya, maka kelarutannya akan semakin rendah (Hasan dan Peppas 2000). PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dengan air pada suhu 70°C. Dalam pembuatan hidrogel Kitosan-PVA, PVA dilarutkan dalam larutan Kitosan pada suhu 80°C selama 5 menit (Wang dkk, 2004).

2.8.3 Polietilen Glikol

Polietilen Glikol merupakan adalah molekul sederhana dengan struktur molekul liner atau bercabang. Pada suhu ruang, PEG dengan bobot molekul dibawah 700 bebentuk cair, sedangkan yang memiliki bobot 700-900 berbentuk semi padat, dan PEG yang memiliki bobot 900-1000 berbentuk padatan.

PEG larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti toluene, aseton, metanol, dan metil klorida (Fadillah 2003).

PEG secara dagang dibuat dari hasil reaksi antara etilena oksida dengan air atau reaksi antara etilena glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida, dan jumlah etilen glikol menentukan bobot molekul PEG. Struktur dari PEG dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur PEG

Menurut hasil penelitian Fadillah (2003), interaksi konsentrasi PEG dengan selulosa asetat menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata terhadap ukuran pori-pori membran. Fluks membran akan bertambah dengan bertambahnya konsentrasi PEG dan berkurangnya konsentrasi selulosa asetat. Nilai fluks membran selulosa-kitosan semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi PEG (Yang dkk, 2001).

2.9 Definisi Air

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna, dan bau, yang terdiri dari senyawa hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Karena air merupakan suatu larutan yang hampir-hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu terlarut di dalamnya. Dengan demikian air mengandung zat-zat terlarut. Zat-zat ini sering disebut pencemaran yang terdapat dalam air (Linsley, 1991).

Berdasarkan sumbernya air dapat dikelompokkan menjadi air permukaan, air atmosfer, dan air bawah tanah. Contoh air permukaan adalah air sungai, danau, rawa dan lain-lain. Air atmosfer misalnya uap air dan air bawah tanah contohnya

air sumur. Berdasarkan kandungan mineralnya air dibagi menjadi air sadah dan air lunak. Air sadah mengandung garam-garam mineralnya, misalnya garam magnesium (Mg) dan kalsium (Ca). Air lunak mengandung hanya sedikit sekali garam-garam mineral Mg dan Ca, bahkan tidak mengandung kadar Mg dan Ca. Ditinjau dari segi penggunaannya air dibagi menjadi air minum (air untuk rumah tangga) dan air industri. Air minum yang dibutuhkan manusia sehari-hari harus memenuhi syarat fisika, kimia, biologi dan radioaktif (Zulkarnain, dkk, 2013)

Air sumur dalam adalah air yang telah merembes melalui lapisan-lapisan mineral, bersama air sumber masuk ke tanah. Selama perembesan, bahan-bahan organik hilang. Air sumur dalam dapat diminum karena telah bebas bakteri. Sebaliknya, air sumur dangkal biasa (beberapa meter/belasan meter saja) tidak boleh diminum mentah. Air sumur dalam selama perembesannya juga melarutkan dan membawa berbagai mineral, apalagi karena sifatnya asam (CO_2 terlarut). Air demikian memiliki padatan total terlarut (PTT) tinggi, dan PTT itu sebagian besar adalah kalsium bikarbonat. Bila keasaman hilang, air akan bersifat sadah (sementara). Kesadahan cenderung membentuk kerak dalam pipa dan ketel, walau tak menimbulkan korosi. Air sumur dalam sering banyak mengandung besi dan mangan yang bila terkena udara maka lama-lama akan membentuk endapan kuning coklat. Air sumur dalam juga mengandung silika dari pelarutan pasir halus. Lapisan tanah itu tipis dan yang di bawahnya terdapat bantuan kedap air, menghasilkan air yang khas pula. Air itu biasanya berwarna kekuningan, berbuih/busa. Air demikian, yang berasal dari daerah yang jauh dari kota (jadi bukan karena pencemaran/limbah), lazim disebut air tanah *moor* (bukan dari daerah berkapur). Hujan yang jatuh ketanah, airnya meresap, tertimbun di kolam lalu mengalir lagi. Karena dasar tanahnya batuan kedap air, hanya sedikit PTT-nya. Jadi kesadahnya pun lebih rendah dibandingkan air sumur dalam. Keasaman airnya membuat korosif. Kandungan organiknya cukup besar, warnanya kekuningan. Bahan organik cenderung aktif permukaan, maka berbuih. Kotoran organik itu bermacam-macam jenisnya, dari yang berukuran molekul kecil sampai yang koloid. Juga banyak asam humat dan pulvatnya.

Pencemaran air didefinisikan sebagai perubahan langsung atau tidak langsung terhadap keadaan air yang berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi kehidupan makhluk hidup. Perubahan langsung dan tidak langsung ini dapat berupa perubahan fisik, kimia, termal, biologi, atau radioaktif. Kualitas air merupakan salah satu faktor dalam menentukan kesejahteraan manusia. Kehadiran bahan pencemar di dalam air dalam jumlah tidak normal mengakibatkan air dinyatakan sebagai terpolusi.

Beberapa indikator terhadap pencemaran air dapat diamati dengan melihat perubahan keadaan air dari keadaan yang normal, diantaranya: (1) adanya perubahan suhu air, (2) adanya perubahan tingkat keasaman, basa dan garam (salinitas) air, (3) adanya perubahan warna, bau dan rasa pada air, (4) terbentuknya endapan, koloid dari bahan terlarut, dan (5) terdapat mikroorganisme di dalam air (Situmorang, 2007).

Untuk menggarap air alam, meningkatkan mutunya sesuai tujuan, pertamanya harus diketahui dulu kotoran dan kontaminan di dalamnya. Berbagai parameter mutu harus disimak dan dipantau. Parameter-parameter tersebut menentukan atau mempengaruhi pemilihan proses, operasi dan biayanya. Parameter air yang penting diantaranya ialah parameter fisik dan kimia.

2.9.1 Parameter Fisik

a. Suhu

Temperatur air maksimum yang diizinkan oleh MENKES RI No.907/MENKES/SK/VII/2012 adalah 30⁰C. Penyimpangan terhadap ketetapan ini akan mengakibatkan meningkatnya daya/tingkat toksisitas bahan kimia atau bahan pencemar dalam air dan pertumbuhan mikroba dalam air.

b. Warna

Banyak air permukaan khususnya yang berasal dari daerah rawa rawa seringkali berwarna sehingga tidak dapat diterima oleh masyarakat baik untuk keperluan rumah tangga maupun keperluan industri, tanpa dilakukannya pengolahan untuk menghilangkan warna tersebut. Bahan-bahan yang menimbulkan warna tersebut dihasilkan dari kontak antara air dengan reruntuhan organik yang mengalami dekomposisi.

c. Bau

Air yang memenuhi standar kualitas harus bebas dari bau. Biasanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lainnya fenol. Air yang berbau akan dapat mengganggu estetika.

d. Rasa

Biasanya rasa dan bau terjadi bersama-sama, yaitu akibat adanya dekomposisi bahan organik dalam air. Seperti pada bau, air yang memiliki rasa juga dapat mengganggu estetika.

e. Kekeruhan

Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan organik yang tersebar dan partikel-partikel kecil lain yang tersuspensi.

f. Padatan/solid

Semua kontaminan/pengotor dalam air kecuali gas terlarut merupakan bagian dari beban padatan dalam air. Padatan dapat diklasifikasikan menurut ukuran, sifat kimianya, dan distribusi ukurannya. Materi padatan dan semi padatan dalam air dapat diklasifikasikan menurut ukuran dan posisinya seperti dapat mengendap, suspensi, koloid atau terlarut.

Tabel 2.1 Parameter Fisik Kualitas Air

No	Test	Singkatan	Kegunaan
1	Kekeruhan	NTU	Mengetahui Kejernihan air
2	Padatan (Solids)		Mengetahui potensi penggunaan kembali air buangan dan untuk menentukan jenis proses pengolahan yang sesuai. Tes TDS untuk mengetahui kesesuaian peruntukan air (rumah tangga, industri atau pertanian).
	Total Solid	TS	
	Total Volatile Solids	TVS	
	Suspended Solids	SS	
	Volatile Suspended Solids	VSS	
	Total Dissolved Solids (TS-SS)	TDS	Untuk mengetahui padatan yang dapat mengendap oleh gaya gravitasi data yang diperoleh digunakan untuk rancangan bak sedimentasi.
	Settleble Solids		
3	Warna		Untuk mengetahui keberadaan zat warna alami atau sintetis.
4	Bau	MDTOC	
5	Temperatur	°C	Untuk rancangan proses pengolahan: untuk menentukan konsentrasi jenuh beberapa unsur gas.

2.9.2 Parameter Kimia

a. Derajat keasamaan (pH)

pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting mengingat pH dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0 pH juga akan menyebabkan perubahan kimiawi di dalam air. Menurut standar kualitas air , pH 6,5-9,2. Apabila pH kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 9,2 maka akan menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa air yang dibuat dari logam dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia.

b. Total Solid

Tingginya angka total solids merupakan bahan pertimbangan dalam menentukan sesuai atau tidaknya air untuk penggunaan rumah tangga. Air yang baik digunakan untuk keperluan rumah tangga adalah dengan angka total solid di dalam air minum adalah 500-1500 mg/l. Apabila melebihi, maka akan berakibat

air tidak enak rasanya, rasa mual dan terjadinya cardiac diseases serta toxaemia pada wanita-wanita hamil

c. Kesadahan jumlah (total hardness)

Kesadahan adalah merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi dua. Ion-ion ini mampu bereaksi dengan sabun membentuk kerak air. Kation-kation penyebab utama dari kesadahan Ca^{++} , Mg^{++} , Sr^{++} , Fe^{++} dan Mn^{++} . Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh Ca^{++} dan Mg^{++} secara bersama-sama. Standar kualitas menetapkan kesadahan total adalah 5-10 derajat jerman. Apabila kesadahan kuran dari 5 derajat jerman maka air akan menjadi lunak. Jika lebih dari 10 derajat jerman maka akan mengakibatkan kurangnya efektifitas sabun, menyebabkan lapisan kerak pada alat dapur dan sayur-sayuran menjadi keras apabila dicuci dengan air ini

d. Zat Organik

Adanya zat organik di dalam air, disebabkan karena air buangan dari rumah tangga, industri, kegiatan pertanian dan pertambangan. Zat organik di dalam air dapat ditentukan dengan mengukur angka permangantnya (KmnO_4). Di dalam standar kualitas, ditentukan maksimal angka permangantnya 10mg/l. Penyimpangan standar kualitas tersebut akan mengakibatkan timbulnya bau tak sedap dan menyebabkan sakit perut.

e. Kimia Anorganik

- *Calcium (Ca)*

Adanya Ca dalam air sangat dibutuhkan dalam jumlah tertentu, yaitu untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Sedangkan bila telah melewati ambang batas, kalsium dapat menyebabkan kesadahan, kesadahan dapat berpengaruh secara ekonomis maupun terhadap kesehatan yaitu efek korosif dan menurunnnya efektifitas dari kerja sabun. Standar yang ditetapkan DEPKES sebesar 75-200 mg/l. Sedangkan WHO inter-regional water study group adalah sebesar 75-150 mg/l.

- *Tembaga*

Ukuran batas ada atau tidaknya tembaga adalah 0,05-1,5 mg/l. Dalam jumlah kecil Cu sangat diperlukan untuk pembentukan sel darah merah, sedangkan dalam

jumlah yang besar dapat menyebabkan rasa yang tidak enak di lidah, disamping dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

- *Sulfida (S_2 atau H_2S)*

H_2S sangat beracun dan berbau busuk, oleh karena itu zat ini tidak boleh terdapat dalam air minum. Dalam jumlah besar dapat menimbulkan atau memperbesar keasaman air sehingga menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa logam.

- *Amonia*

Bahan ini sangat berbau yang sangat menusuk hidung atau baunya sangat tajam sehingga tidak boleh sama sekali dalam air minum.

- *Besi (Fe)*

Besi adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai hematit. Di dalam air minum Fe menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi dan kekeruhan. Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Di dalam standar kualitas ditetapkan kandungan besi di dalam air sebanyak 0,1 -1,0 mg/l. jika dalam jumlah besar Fe dapat merusak dinding usus, rasa tidak enak dalam air, pada konsentrasi lebih dari 2 mg/l dan menimbulkan bau dan warna dalam air.

- *Magnesium*

Efek yang ditimbulkan oleh Mg sama dengan kalsium yaitu menyebabkan terjadinya kesadahan. Dalam jumlah kecil Mg dibutuhkan oleh tubuh untuk pertumbuhan tulang, sedang dalam jumlah yang lebih besar dari 150 mg/l dapat menyebabkan rasa mual

- *Florida*

Florida selalu ditemukan dalam bentuk senyawa. Florida bersifat lebih toksis dan lebih iritan daripada yang organik. Keracunan kronis dapat menyebabkan orang menjadi kurus, pertumbuhan tubuh terganggu, gangguan pencernaan dan dehidrasi.

- *Cadnium*

Dalam standar kualitas ditetapkan konsentrasi maksimal 0,01 mg/l. Apabila cadmium melebihi standar, maka Cadmium tersebut akan terakumulasi dalam jaringan tubuh sehingga mengakibatkan penyakit ginjal, gangguan lambung, kerapuhan tulang, mengurangi hemoglobine darah dan pigmentasi.

- *Mangan*

Tubuh manusia membutuhkan Mangan rata-rata 10 mg/l sehari yang dapat dipenuhi dari makanan. Tetapi Mangan bersifat toxis terhadap alat pernafasan. Standar kualitas menetapkan: kandungan mangan di dalam air 0,05-0,5 mg/l.

- *Air Raksa*

Merupakan logam berbentuk cair dalam suhu kamar yang bersifat toksis. Di dalam standar ditetapkan sebesar 0,001 mg/l. Jika dalam air terdapat air raksa lebih dari standar, akan menyebabkan keracunan sel-sel tubuh kerusakan ginjal, hati dan syaraf dan keterbelakangan mental dan cerebral polcy pada bayi.

- *Seng*

Satuan yang dipergunakan adalah mg/l dengan batas antara 1,0 sampai 15 mg/l. Zn dapat menyebabkan hambatan pada pertumbuhan anak. Akan tetapi apabila jumlahnya besar dapat menimbulkan rasa pahit dan sepat pada air minum.

- *Arsen*

Arsen dapat diperbolehkan dalam air paling banyak sebesar 0,05 mg/l. Jika dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan, kanker kulit, hati dann saluran empedu.

- *Pheonolix*

Phenol hanya boleh terdapat dalam air minum dengan kadar 0,001-0,002 mg/l dan apabila bereaksi dengan chlor dapat menimbulkan bau yang tidak enak

- *NO₃*

Batas maksimum NO₂ dalam air minum adalah sebesar 20mg/l. Jumlah Nitra yang besar cenderung berubah menjadi nitrit, yang dapat bereaksi langsung dengan hemoglobine yang dapat menghalangi perjalanan oksigen di dalam tubuh.

- *Sulfat*

Kadar yang dianjurkan 200-400 mg/l, apabila jumlahnya besar dapat bereaksi dengan ion natrium atau magnesium dalam air sehingga membentuk garam natrium sulfat atau magnesium sulfat yang dapat menimbulkan rasa mual.

f. Kimia Organik

Jumlah zat organik pada air alam umumnya kecil. Sumber zat organik pada air alam adalah dari tanaman yang membusuk. Adanya zat organik dapat mengakibatkan gangguan misalnya :

- Aldrin dan Dieldrin, terjadi biokumulasi pada organisme air yang dimakan manusia dan menimbulkan kanker dan mutasi.
- Benzen, menimbulkan rasa, warna atau bau tidak sedap.
- Chlordane (total isomer) merupakan insektisida. Penyakit yang ditimbulkan hyperexytasi, konvulsi, anemia, trombochytopenia, agranulocytosis..
- Heptachlor dan Hepachlorepoxide, meskipun tidak menimbulkan keracunan akut tetapi terjadi akumulasi dalam rantai makanan dan bersifat carcinogenic.

Tabel 2.2 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia

Nomor 907/MENKES/SK/VII/2012

DAFTAR PERATURAN KUALITAS AIR BERSIH

No	Parameter	Satuan	Kadungan maksimum yang dibolehkan
1	pH	-	6,5-8,5
2	Kekeruhan	NTU	5
3	Warna	TCU	15
4	Besi (fe)	mg/L	0,3
5	Mangan (Mn)	mg/L	0,1
6	Zat Organik	mg/L	10
7	Kesadahan	mg/L	500