

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Membran berasal dari bahasa Latin “*membran*” yang berarti kulit kertas. Saat ini kata “membran” telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena bersifat semipermeabel (Widayanti N, 2013).

Membran merupakan suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis, bersifat *semipermeabel* yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekular (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 melalui pori membran. Kemudian membran yg dilewati oleh suatu spesi dinyatakan dengan koefisien *permeabilitas*. Pada poros pemisahan, selektifitas pemisahan dinyatakan dengan koefisien rejeksi. Besaran ini dipengaruhi oleh karakteristik membran. Karakteristik solute yang akan dipisahkan dan karakteristik proses itu sendiri (Notodarmojo, suprihanto dan Anne Deniva, 2004).

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran yang lebih besar dari pori-pori membran dan melewati komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut *permeat*. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suasana larutan yang dilewatkan pada membran tersebut (Agustina,S. dkk., 2010).

Fly ash merupakan hasil sampingan dari sisa pembakaran batubara. Penyumbang produksi *fly ash* batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi *fly ash* dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 juta ton dan diperkirakan mencapai 2 juta ton padatahun 2006 (Ngurah Ardha, dkk, 2008).

2.1.1 Klasifikasi Membran

Berdasarkan bahan yang digunakan :

a. Membran Polimer

Pada dasarnya semua polimer dapat digunakan sebagai penghalang (*barrier*) atau material membran namun sifat fisika dan sifat kimianya sangat berbeda dikarenakan hanya polimer tertentu yang dapat digunakan dalam percobaan.

b. Membran Anorganik

Pada membran anorganik stabilitas kimia dan termalnya berhubungan dengan material polimer. Pembagian tipe membran anorganik dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. Membran keramik
2. Membran gelas
3. Membran metalik

Membran keramik dibentuk dengan perpaduan sebuah logam dengan non logam sehingga membentuk oksida, nitrida, atau karbida. Membran gelas (silika, SiO_2) menggunakan teknik *demixed glasses*. Sedangkan membran metalik ditentukan dengan sintering bubuk logam, namun penjelasan mengenai membran ini masih terbatas.

c. Membran Biologi

Struktur dan fungsi dari membran biologi sangat berbeda dengan membran sintetik. Membran biologi atau membran sel mempunyai struktur yang sangat kompleks. Karakteristik beberapa membran sel mengandung struktur *lipid bilayer*.

Berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya:

a. Membran Berpori

Membran jenis ini memiliki ruang terbuka atau kosong, terdapat berbagai macam jenis pori dalam membran. Pemisahan menggunakan membran ini berdasarkan ukuran pori. Selektivitas ditentukan lewat hubungan antara ukuran pori dan ukuran partikel yang dipisahkan. Jenis membran ini biasanya digunakan untuk pemisahan *mikrofiltrasi* dan *ultrafiltrasi*. Berdasarkan ukuran kerapatan

pori, membran dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. *Makropori* : Membran dengan ukuran pori > 50 nm,
- b. *Mesopori* : Membran dengan ukuran pori antara 2 – 50 nm,
- c. *Mikropori* : Membran dengan ukuran pori < 2 nm (Mulder, 1996).

b. Membran Non-Pori

Membran non-pori dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama baik, baik gas maupun cairan. Membran non-pori berupa lapisan tipis dengan ukuran pori kurang dari $0,001 \mu\text{m}$ dan kerapatan pori rendah. Membran ini dapat memisahkan spesi yang memiliki ukuran sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh membran berpori. Membran non-pori digunakan untuk pemisahan gas dan pervaporasi, jenis membran dapat berupa membran komposit atau membran asimetrik, pemisahannya berdasarkan pada kelarutan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel (Mulder, 1996).

c. *Carrier* Membran (Membran Pembawa)

Mekanisme perpindahan massa pada membran jenis ini tidak ditentukan oleh membran (atau material dari membran) tetapi ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik yang memudahkan perpindahan spesifik terjadi. Ada dua konsep mekanisme perpindahan dari membran jenis ini yaitu *carrier* tidak bergerak di dalam matriks membran atau *carrier* bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Selektivitas terhadap suatu komponen sangat tergantung pada sifat molekul *carrier*. Selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika digunakan *carrier* khusus. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik.

Berdasarkan geometri porinya (Widayanti N, 2013):

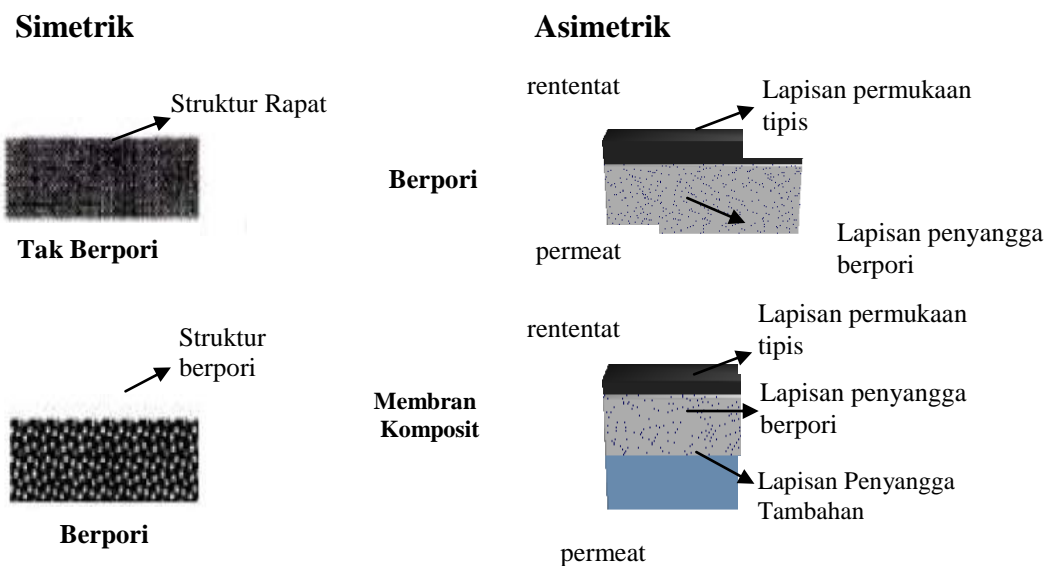
a. Membran Simetrik

Membran ini mengandung pori dengan ketebalan $10\text{-}200 \mu\text{m}$. Membran ini memiliki struktur pori yang homogen di seluruh bagian membran. Jenis membran ini kurang efektif karena memungkinkan lebih cepat terjadinya penyumbatan pori dan mengakibatkan *fouling* atau penyumbatan pori pada penggunaannya (Mulder, 1996).

b. Membran Asimetrik

Membran ini terdiri dari dua lapisan, yaitu kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1-0,5 μm dan lapisan pendukung berpori besar dengan ketebalan 50-150 μm . Membran asimetrik menghasilkan selektivitas yang lebih tinggi disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan mempunyai kecepatan permeasi yang tinggi karena tipisnya membran. Tingginya laju filtrasi pada membran asimetrik ini disebabkan mekanisme penyingkapan permukaan. Partikel yang ditolak tertahan pada permukaan membran (Mulder, 1996). Tingkat pemisahan membran asimetrik jauh lebih tinggi dari pada membran simetrik pada ketebalan yang sama. Hal ini disebabkan karena pada membran simetrik, partikel yang melewati pori akan menyumbat pori-pori membran sehingga penyingkapan membran menurun drastis (Mulder, 1996).

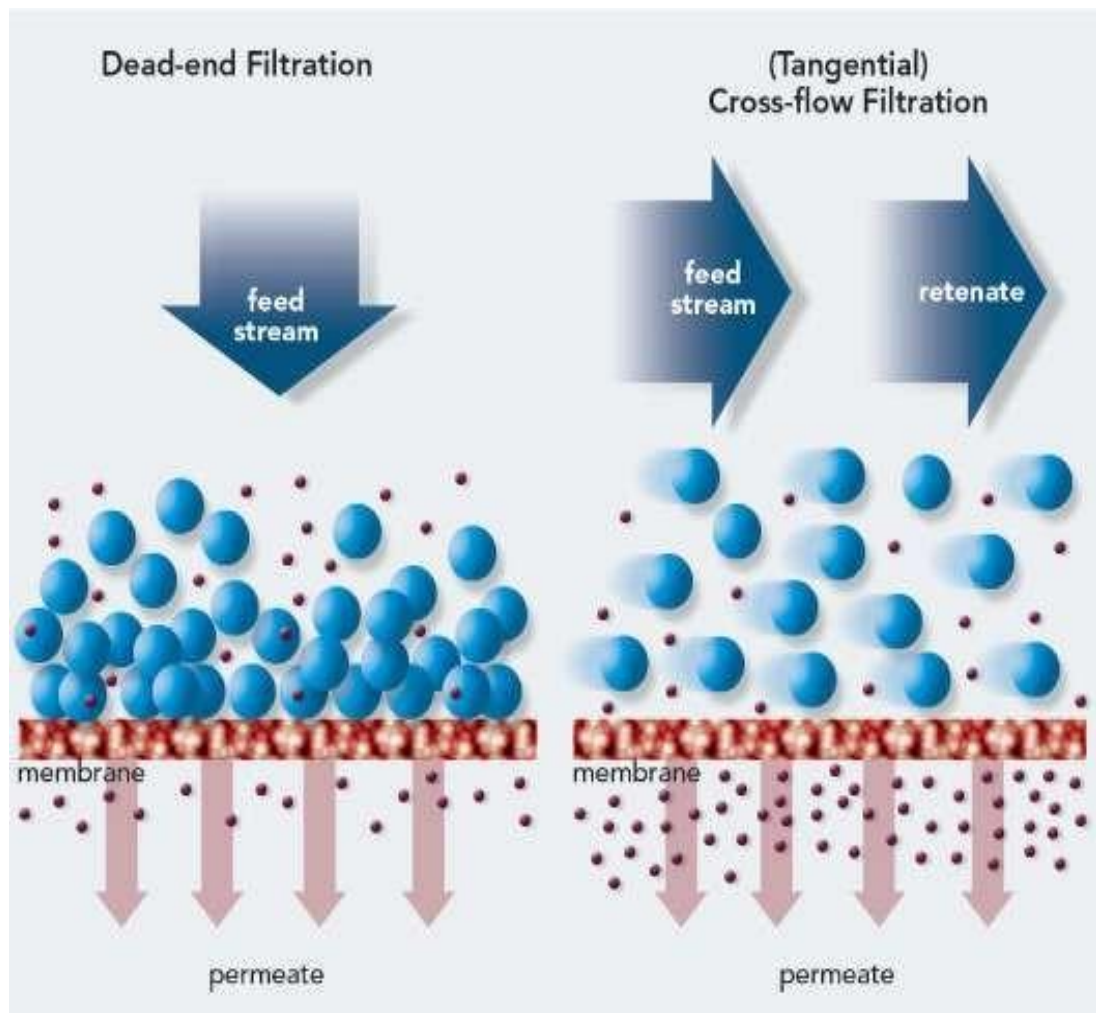
Berikut ini struktur morfologi membran simetrik dan asimetrik yang ditunjukkan pada gambar 1.



Sumber : Yunarsih, 2013

Gambar 1. Struktur *cross-section* membran simetrik dan asimetrik.

Berdasarkan sistem operasinya dibedakan atas *system dead-end* dan *crossflow*. Gambaran mengenai *system dead-end* dan *crossflow* dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber : Widayanti N, 2013

Gambar 2. Skema sistem operasi membran

Secara sederhana ditunjukkan pada gambar 2. Pada sistem *cross-flow*, aliran umpan mengalir melalui suatu membran, dengan hanya sebagian saja yang melewati pori membran untuk memproduksi permeat, sedangkan aliran pelarut atau cairan pembawa akan melewati permukaan membran sehingga larutan, koloid dan padatan tersuspensi yang tertahan oleh membran akan terus terbawa menjadi aliran balik. Sedangkan pada sistem *dead-end*, keseluruhan dari fluida melewati membran (sebagai media filter) dan partikel tertahan pada membran, dengan demikian fluida umpan mengalir melalui tahanan membran dan tahanan penumpukan partikel pada permukaan membran (Mallacketal, 1997).

Berdasarkan tekanan dapat dibedakan menjadi:

a. Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran *reverse osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Pada membran mikrofiltrasi, garam-garam tidak dapat direjeksi oleh membran. Proses filtrasi dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu di bawah 2 bar. Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi. Beberapa teknik yang digunakan untuk membuat membran antara lain *sintering*, *track atching*, *stretching*, dan *phase inversion* (Widayanti N, 2013).

b. Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,01 sampai 0,1 μm . Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi merupakan membran berpori dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Ukuran molekul yang dapat lolos melewati membran ultrafiltrasi berkisar antara 10^4 - 10^8 dalton (Mulder, 1996). Tekanan sistem ultrafiltrasi biasanya rendah, 10-100 psi (70-700 kPa), maka dapat menggunakan pompa sentrifugal biasa. Membran ultrafiltrasi sehubungan dengan pemurnian air dipergunakan untuk menghilangkan koloid (penyebab *fouling*) dan penghilangan mikroba, patogen dan partikel dengan modul higienis.

c. *Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* (osmosis balik) digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. hal ini menyebabkan tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi.

Untuk itu pada umumnya, membran osmosis balik memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Widayanti N, 2013).

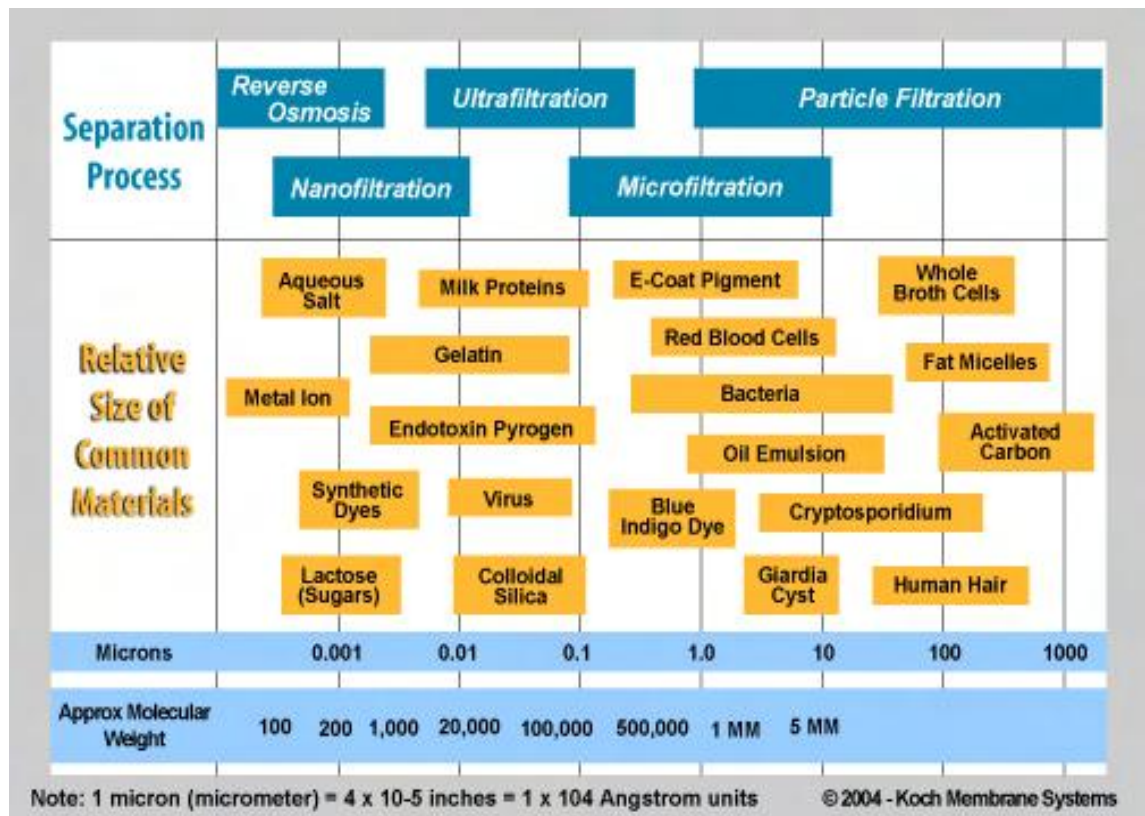
Membran RO dibuat dari berbagai bahan seperti selulosa asetat (CA), *polyamide* (PA), *polyamide* aromatis, *polieteramida*, *polieteramina*, *polieterurea*, *polifelilene* oksida, *polifenilen bibenzimidazol*, dan sebagainya. Membran komposit film tipis terbuat dari berbagai bahan polimer untuk substratnya ditambah polimer lapisan fungsional di atasnya. Membran mengalami perubahan karena memampat dan *fouling* (sumbat). Pemampatan atau fluks-merosot itu serupa dengan perayapan plastik/logam bila terkena beban tegangan kompresi. Makin besar tekanan dan suhu, biasanya tak reversible dan membran makin mampat. Normalnya, membran bekerja pada suhu 21-35°C. *Fouling* membran itu diakibatkan oleh zat-zat dalam air baku misalnya kerak, pengendapan koloid, oksida logam, organik dan silika.

d. Nanofiltrasi

Proses nanofiltrasi merejeksi kesadahan, menghilangkan bakteri dan virus, menghilangkan warna karena zat organik tanpa menghasilkan zat kimia berbahaya seperti hidrokarbon terklorinasi. Nanofiltrasi cocok bagi air padatan total terlarut rendah, dilunakkan dan dihilangkan organiknya.

Sifat rejeksinya khas terhadap tipe ion : ion dwivalen lebih cepat dihilangkan daripada yang ekavalen, sesuai saat membran itu diproses, formulasi bak pembuat, suhu, waktu *annealing*, dan lain-lain. Formulasi dasarnya mirip osmosis balik tetapi mekanisme operasionalnya mirip ultrafiltrasi. Jadi nanofiltrasi itu gabungan antara osmosis balik dan ultrafiltrasi.

Berikut ini bagan klasifikasi membran berdasarkan morfologi ukuran porinya dan material yang dapat dipisahkan.



Sumber : P Siburian, 2006

Gambar 3. Klasifikasi membran.

2.1.2 Prinsip Proses Pemisahan menggunakan Membran

Pada prinsipnya proses pemisahan dengan menggunakan membran adalah proses pemisahan antara pelarut dengan zat terlarut. Pelarut dipisahkan dengan zat terlarut yang akan tertahan pada membran atau yang disebut dengan konsentrat, sedangkan pelarut akan lolos melalui membran yang dinamakan *permeate*. Dengan menggunakan membran, yaitu filtrasi laminar (*dead end*) dan filtrasi tangensial (*crossflow*), dalam filtrasi laminar, aliran umpan tegak lurus kepermukaan membran sehingga sebagian saja yang terakumulasi. Pada konfigurasi *deadend* tidak terdapat *retentat* sedangkan jika terdapat *retentat* disebut *cross flow*. Jadi pada konfigurasi *cross flow* terdapat sebagian *feed* (pelarut) yang tidak menjadi *permeate*. Untuk kasus *dead-end*, resistansi meningkat menurut ketebalan lapisan *fouling* yang terbentuk pada permukaan membran.

2.1.3 Kinerja Membran

Kinerja atau efisiensi perpindahan didalam membran ditentukan oleh dua parameter yaitu :

a. Permeabilitas

Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Pada proses filtrasi, nilai fluks yang umum dipakai adalah fluks volume yang dinyatakan sebagai volume larutan umpan yang dapat melewati membran per satuan waktu per satuan luas membran. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas larutan serta tekanan dari luar. Fluks adalah kecepatan aliran melewati membran dihitung dengan persamaan (1):

$$J = \frac{v}{A.t} \quad (1)$$

Dalam hal ini J merupakan fluks cairan, v adalah volume permeat, A adalah luas permukaan membran, dan t adalah waktu permeat. Grafik fluks terhadap tekanan akan menghasilkan garis lurus dan kemiringan (*slope*) merupakan konstanta permeabilitas sesuai dengan persamaan (2).

$$J = L_p \Delta P \quad (2)$$

Dimana L_p adalah permeabilitas air dan ΔP merupakan perubahan tekanan.

b. Selektifitas

Selektifitas menggambarkan kemampuan membran memisahkan satu jenis spesi dari yang lain. Selektifitas dinyatakan oleh 2 parameter, yaitu tolakan (R) dan faktor pemisahan (α). Parameter tolakan berlaku pada sistem pemisahan padat-cair, sedangkan faktor pemisahan ditentukan pada sistem pemisahan gas-gas dan cair-cair. Penentuan tolakan ditentukan oleh persamaan (3).

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_b} \right) \times 100 \% \quad (3)$$

Dalam hal ini, C_p adalah konsentrasi zat terlarut di dalam permeat dan C_b adalah rata-rata konsentrasi zat terlarut di dalam umpan (*feed*) dan retentat. Konsentrasi permeat dan retentat dapat diukur dengan spektrofotometri sinar tampak.

Ukuran pori juga berperan dalam menentukan selektifitas membran. Membran yang memiliki ukuran pori-pori kecil akan memberikan tolakan yang lebih besar daripada membran yang mempunyai ukuran pori lebih besar (Mulder, 1991).

Wenten (1999) menyatakan bahwa terdapat empat jenis desain membran yaitu *dead-end*, *cross-flow*, *hybrid dead-end crossflow* dan *cascade*. Sistem *dead-end* arah aliran tegak lurus terhadap membran, mempunyai kelemahan yaitu cenderung mengakibatkan *fouling* yang sangat tinggi karena terbentuknya *cake* di permukaan membran pada sisi umpan. Sedangkan pada sistem *crossflow*, umpan dialirkan arah sejajar dengan permukaan membran. Akibatnya pembentukan *cake* terjadi sangat lambat karena tersapu oleh gaya geser yang disebabkan oleh aliran *crossflow* umpan.

2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Membran

Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya:

a. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran.

b. Bentuk Membran

Membran dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, seperti bentuk datar, bentuk tabung, dan bentuk serat berongga.

c. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.

d. Karakteristik Larutan

Karakteristik larutan ini mempunyai akan memberi pengaruh terhadap permeabilitas membran.

e. Parameter operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi.

2.1.5 Keunggulan Membran

Beberapa keunggulan dari membran yaitu:

- a. Pemisahannya berdasarkan molekul sehingga pemisahan dapat beroperasi pada temperatur rendah (*temperature ambient*).
- b. Pemakaian energi yang relatif rendah karena biasanya pemisahan menggunakan membran tidak melibatkan perubahan fasa.
- c. Tidak menggunakan zat bantu kimia dan tidak ada tambahan produk buangan.
- d. Bersifat modular, artinya di *scale-up* dengan memperbanyak unitnya.
- e. Dapat digabungkan dengan jenis operasi lainnya.

2.1.6 Karakterisasi Membran

Proses membran dapat mencakup berbagai masalah pemisahan dengan membran spesifik (struktur membran) yang dibutuhkan untuk tiap masalah. Jadi, membran mungkin saja berbeda secara signifikan pada struktur dan akibatnya pada fungsionalitasnya. Membran harus dikarakterisasi untuk memastikan penggunaannya pada proses pemisahan dengan tepat. Metode karakterisasi untuk membran berpori dapat dibedakan berdasarkan:

- a. Parameter yang berhubungan dengan struktur yang meliputi: penentuan ukuran pori-pori, distribusi ukuran pori-pori, tebal lapisan aktif, dan porositas permukaan.
- b. Parameter yang berhubungan dengan permeasi yang meliputi: penentuan parameter pemisahan menggunakan zat terlarut yang kurang atau lebih tertahan oleh membran (pengukuran '*cut-off*').

2.1.7 Teknik Pembuatan Membran

Teknik pembuatan membran yang penting diantaranya adalah *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *solution coating*, inversi fasa, proses sol-gel, dan *vapour*

deposition (Mulder,1991). Sebagian besar membran yang diproduksi saat ini dibuat dengan metode inversi fasa melalui teknik presipitasi terendam. Membran inversi fasa dapat dibuat dari berbagai macam polimer dengan syarat polimer yang digunakan harus larut pada pelarut yang sesuai atau campuran pelarut. Secara umum membran dapat dibuat menjadi dua konfigurasi yaitu datar (lembaran) atau pipa (turbular). Tahapan dasar pembuatan membran dengan teknik inversi fasa (presipitasi terendam) (Roilbilad's 2010) yaitu : Pembuatan larutan polimer, proses *casting* (penebaran diatas permukaan) membentuk lapisan tipis(100-200 μm), perendaman di non pelarut di bak koagulasi dan perlakuan akhir.

Inversi fasa adalah suatu proses dimana polimer ditransformasi dari fasa cair ke fasa padat melalui mekanisme pengontrolan tertentu. Proses perubahan fasa ini sangat sering diawali dengan transisi fasa cairan pembentuk membran dari satu fasa cairan menjadi dua fasa cairan (*liquid-liquid demixing*). Pada tahap tertentu selama proses *demixing*, salah satu fasa cairan mengalami pembekuan sehingga fasa padat terbentuk. Dengan mengendalikan tahap awal perubahan fasa, maka morfologi membran dapat dikendalikan.

Kebanyakan membran yang diproduksi dengan presipitasi terendam. Larutan polimer (*dope*) disebar pada media pencetakan kemudian direndam di bak koagulasi yang berisi non-pelarut. Presipitasi terjadi karena pertukaran pelarut dan non-pelarut. Struktur membran yang dihasilkan merupakan akibat dari kombinasi perpindahan masa dan pemisahan fasa.

2.2 Membran Silika Padat

Membran silika padat merupakan membran yang terbuat dari silika. Silika dapat ditemukan didalam *fly ash* batubara, *bottom ash* dan sekam padi. Silika dapat diambil dengan cara ekstraksi. Bahan activator untuk mengikat silika biasanya memakai NaOH, dan HCL.

2.3 Fly Ash sebagai Membran Silika padat

Pada pembakaran batubara dalam PLTU Tanjung Enim, terdapat limbah padat yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu yang

terbawa gas buang disebut *fly ash*, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut *bottom ash*. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan *fly ash* dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU. Pembakaran batubara menghasilkan emisi limbah yang lebih banyak dibandingkan bahan bakar minyak dan gas. Selain itu, pembakaran batubara juga menghasilkan gas-gas oksida belerang (SO_x), oksida nitrogen (NO_x), gas hidrokarbon, karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) (Harijono, 2006).

Fly ash batubara merupakan limbah samping dari industri PLTU yang tergolong dalam limbah berbahaya dan beracun. Limbah padat ini dapat dipergunakan untuk bahan dasar membran keramik dengan harganya relatif murah. Menurut Wardani (2008), jumlah limbah padat ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pusat listrik berbasis batubara. Ada dua jenis *fly ash*, yaitu:

1. Kelas F: *Fly ash* ini dihasilkan dari pembakaran batubara jenis *antrasit* atau *bituminous*.
2. Kelas C: *Fly ash* ini dihasilkan dari pembakaran batubara jenis *lignit* atau *sub bituminus*. *Fly ash* mempunyai sifat-sifat yang sangat menguntungkan di dalam menunjang pemanfaatannya yaitu:
 - a. Sifat fisik

Fly ash merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batubara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Dan kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. *Fly ash* terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara *bituminus* lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*)

antara 170 sampai 1000 m²/kg. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain warnanya abu-abu keputihan dan ukurannya sangat halus yaitu sekitar 88%.

b. Sifat kimia

Fly ash terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat berongga. Ukuran partikel *fly ash* hasil pembakaran batubara *bituminus* lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan *fly ash* berkisar antara 2100-3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m²/kg (Firdaushanif, 2007).

Tabel 1. Komposisi *Fly Ash*

Komponen	Standar	Hasil uji
SiO ₂	44 – 66 %	rata-rata 51,70 %
Al ₂ O ₃	17 – 37 %	rata-rata 30,88 %
Fe ₂ O ₃	2,3 – 8,6 %	rata-rata 5,46 %
CaO	1,64 – 6,41 %	rata-rata 4,11 %
MgO	1,16 – 3,21 %	rata-rata 1,88 %
<i>Blaine</i>	4.939 – 8.788 cm ² /gr	rata-rata 6.860 cm ² /gr
H ₂ O	0,1 – 0,52 %	rata-rata 0,29 %
LOI	1,03 – 3,78 %	rata-rata 2,34 %

Sumber : Laboratorium PT. Semen Baturaja, 2015

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. *Recovery magnetik, cenosphere* dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batubata, dan *refraktori*
5. Bahan penggosok (*polisher*)
6. *Filler* aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen

8. Aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*)
9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben.

2.4 Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Adsorben

Adsorpsi merupakan penarikan dan pelekatan molekul suatu benda ke permukaan benda lain, tanpa perubahan kimiawi, atom atau molekul zat tersebut terkonsentrasi pada bidang pemisah. Dapat dibedakan lima macam bidang pemisah yaitu gas-padat, cair-padat, gas-cair, cair-cair, dan padat-padat. Semua proses adsorpsi disertai penurunan *free energy* dan *entropy*, sehingga proses tersebut bersifat eksotermis, kebalikannya *desorpsi* ialah *endotermis*. Ada dua macam adsorpsi yaitu adsorpsi fisis atau adsorpsi *Van der Waals* dan adsorpsi kimia atau adsorpsi yang diaktifkan (Shadily, 1977).

Menurut Fahrizal (2008) teori adsorpsi menjelaskan pengikatan atau penggabungan molekul terlarut pada permukaan adsorben oleh gaya tarik yang lemah yang dikenal dengan ikatan *Van der Waals*. Adsorpsi akan terkonsentrasi pada sisi permukaan yang memiliki energi yang lebih tinggi. Gaya tarik menarik antar molekul selalu dalam keadaan seimbang dalam badan fase. Apabila fase ini kemudian berbatasan dengan suatu bidang batas fase lain, maka gaya-gaya kohesi ini menjadi tidak seimbang lagi sehingga terjadi perbedaan distribusi molekul, atom-atom atau ion-ion yang berada pada antarfase dibandingkan dalam badan fase. Apabila fase ini kemudian berbatasan dengan suatu bidang batas fase lain, maka gaya-gaya kohesi ini menjadi tidak seimbang lagi sehingga terjadi perbedaan distribusi molekul, atom-atom atau ion-ion yang berada pada antarfase dibandingkan dalam badan fase. Konsentrasi molekul-molekul dalam fase gas atau larutan meningkat makin dekat pada permukaan fase pengadsorpsi karena adanya gaya tarik menarik. Terakumulasinya molekul-molekul ini pada suatu permukaan disebut proses adsorpsi. Fase pengadsorpsi disebut adsorben, sedangkan zat yang diadsorpsi disebut adsorbat. Adsorpsi dapat terjadi pada bidang batas fase gas dengan cair, gas dengan padat, padat dengan cair, cair dengan cair, atau padat dengan padat.

Kandungan utama pada *fly ash* adalah SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Kondisi silika dan alumina dalam *fly ash* yang cukup besar memungkinkan *fly ash* digunakan timah. *Fly ash* dimodifikasi dengan menggunakan Na-P1 dan zeolit *hidroksi sodalit*, perlakuan secara hidrotermal dengan penambahan NaOH.

Penelitian yang dilakukan Kumar dkk (2014) menunjukkan bahwa *baggage fly ash* (BFA) adalah adsorben yang efektif untuk menghilangkan *akrilonitril* dari larutan. Optimum dosis adsorben adalah 4 g/l larutan. Keseimbangan antara adsorbat dalam solusi dan pada permukaan adsorben praktis dicapai dalam 5 jam. Adsorben dari *fly ash* juga dibuat untuk menghilangkan merkuri dengan memodifikasi *fly ash* dan zeolit yang dikenal dengan nama *hybrid mesoporous aluminosilicate sieve* (HMAS) (Liu dkk, 2013). Javadian dkk (2013) membuat ZFA (*zeolite based geopolymer that synthesized by coal fly ash*) untuk mengadsorpsi ion Cd (II), dilihat dari parameter termodinamika adsorpsi terjadi secara spontan dan endotermis. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa geopolimer berbasis *fly ash* merupakan alternatif yang baik untuk menggantikan adsorben yang mahal seperti karbon aktif dalam menghilangkan logam berat pada limbah dan air limbah.

2.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Kecepatan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (Purnamasari dan Andayani, 2008) :

1. Konsentrasi

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi.

2. Luas permukaan

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Kao dkk (2000) melakukan observasi bahwa luas permukaan yang lebih besar akan mengandung karbon yang besar pula dan ukuran partikel *fly ash* yang halus akan semakin besar pula kapasitas adsorpsinya.

3. Suhu

Adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada suhu tinggi, namun demikian pengaruh suhu adsorpsi zat cair tidak sebesar pada adsorpsi gas.

4. Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lebih cepat.

5. pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium. pH optimum pada adsorpsi ion Cd (II) adalah 5 (Javadian dkk, 2013).

6. Waktu kontak

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan ion logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Bernasconi, 1995). Perbedaan adsorpsi fisik dan kimia dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Cahyana, 2009).

Tabel 2. Perbedaan Adsorpsi Fisik dan Kimia

Adsorpsi fisik	Adsorpsi kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya <i>Van der Waals</i> .	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia.
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai -800 kJ/mol
Dapat membentuk lapisan <i>multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

Sumber: Cahyana, 2009

Terjadinya fenomena adsorpsi itu, para ahli pengolahan air membagi mekanisme adsorpsi menjadi tiga langkah, yaitu (Cahyana,2009):

1. *Makrotransport* : Perpindahan zat pencemar, disebut juga adsorbat (zat yang diadsorpsi), didalam air menuju permukaan adsorban;
2. *Mikrotransport* : Perpindahan adsorbat menuju pori-pori didalam adsorban;
3. *Sorpsi* : Pelekatan zat adsorbat ke dinding pori-pori atau jaringan pembuluh kapiler mikroskopis.

Beberapa hal yang mempengaruhi efektifitas adsorpsi, adalah (Cahyana,2009):

1. Jenis bahan adsorban, apakah berupa arang batok, batubara (*antrasit*), sekam, dan lain-lain;
2. Temperatur lingkungan (udara, air, cairan) proses adsorpsi makin baik jika temperaturnya makin rendah;
3. Jenis adsorbat, bergantung pada bangun molekul zat, kelarutan zat (makin mudah larut, makin sulit diadsorpsi).

2.6 PVA (*Poly Vinyl Alcohol*)

Poly Vinyl Alcohol bersifat tidak berbau, tidak berasa, transparan, berbentuk serbuk berwarna putih atau kekuningan. PVA (*Poly Vinyl Alcohol*) larut dalam air, sedikit larut dalam etanol tetapi tidak larut dalam pelarut organik. PVA (*Poly Vinyl Alcohol*) merupakan senyawa dari *Poly Vinyl Acetat* akan meleleh pada suhu 72°C , sebab *Poly Vinyl Acetat* meleleh pada suhu 72°C (Cowd,1991). Struktur PVA terdiri dari gabungan monomer $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_5$. Sifat fisik PVA seperti kekuatan, kelarutan dalam air, permeabilitas gas dan sifat termalnya bergantung pada berat molekul polimer. Semakin besar berat molekul PVA, maka viskositas, elastisitas, ketahanan terhadap air, pelarut, dan kekuatan melekat akan semakin meningkat. PVA banyak digunakan sebagai membran anorganik (Charles,2010).

2.7 PEG (*Poly Etyl Glycol*)

Poly Etyl Glycol (PEG) adalah molekul sederhana dengan struktur molekul linear atau bercabang. Pada suhu ruang, PEG dengan molekul dibawah

700 berbentuk cair, sedangkan yang memiliki bobot molekul 700-900 berbentuk semi padat, dan PEG dengan molekul 900-1000 atau lebih berbentuk padatan. PEG (*Poly Etyl Glycol*) larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti toluene, aseton, metanol, dan metilklorida tetapi tidak larut dalam heksana dan hidrokarbon alifatik yang sejenis (Fadillah,2003). PEG termasuk kedalam golongan polimer sintesis. PEG mempunyai kelarutan yang baik dalam air dan kesamaan secara struktur kimia karena adanya gugus hidrosil primer pada ujung rantai polieter yang mengandung oksietilen (-CH₂- CH₂-O-). PEG mempunyai sifat stabil dan mudah larut dalam air hangat, tidak beracun, non-korosif, tidak berbau, tidak berwarna, memiliki titik lebur yang sangat tinggi (580), tersebar merata, higroskopik (mudah menguap) dan juga dapat mengikat pigmen. PEG berbentuk putih seperti lilin yang menyerupai paraffin. Berupa bentuk padat dalam suhu kamar, dapat mencair pada suhu 104⁰C) dan memiliki berat molekul rata – rata 1000 (Mitchell, 1972).

Penambahan kelarutan yang kecil dalam air, sehingga akan mengakibatkan menurunnya aliran *water flux* karena adanya penyumbatan pada area pori – pori membran selama proses filtrasi (Shargel dkk, 1999).bahan aditif pada membran berguna untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat mekanik, kimia, dan fisik membran (Kim dkk, 1989). PEG merupakan salah satu diantara zat aditif yang sering ditambahkan pada pembuatan membran yang berfungsi sebagai porogen untuk meningkatkan keteraturan bentuk pori-pori pada membran sehingga struktur pori lebih rapat dan membran yang dihasilkan semakin bagus. Dalam memodifikasi membran, PEG ini berfungsi sebagai zat aditif untuk meningkatkan absorpsi dan disolusi suatu zat aktif yang sukar larut dalam air. Bahan material polimer seperti PES mempunyai kelarutan yang kecil dalam air, sehingga akan mengakibatkan menurunnya aliran *water flux* karena adanya penyumbatan pada area pori – pori membran selama proses filtrasi (Shargel dkk, 1999).

PEG adalah senyawa hasil kondensasi dari oksietilen dan air dengan rumus molekul H(OCH₂CH₂)_nOH, dimana *n* merupakan bilangan (jumlah) rata-rata pengulangan grup oksietilen mulai dari 4 sampai 180. Bilangan yang

mengiringi dibelakang PEG menunjukkan berat molekul rata-rata dari pada PEG, seperti PEG dengan $n = 80$ akan mempunyai berat molekul rata-rata sekitar 3500 Dalton dan dicantumkan sebagai PEG 3500. Sedangkan senyawa dengan berat molekul rendah terdiri dari $n = 2$ sampai $n = 4$ seperti *diethylene glycol*, *triethylene glycol*, dan *tetraethylene glycol*, merupakan senyawa-senyawa murni. Senyawa dengan berat molekul rendah sampai 700 bersifat cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau dengan titik beku $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*diethylene glycol*), sementara senyawa-senyawa hasil polimerisasi dengan berat molekul yang lebih tinggi yaitu sampai 1000 berbentuk padat seperti lilin dengan titik didih mencapai $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk $n = 180$. Keistimewaan dari PEG adalah senyawa tersebut bersifat larut dalam air (Chou dkk, 2007). PEG juga larut dalam berbagai pelarut organik dari golongan hidrokarbon aromatik, seperti metanol, benzen, *dichlorometane* dan tidak larut dalam dietil eter dan heksan. Sifat-sifat lain daripada PEG adalah merupakan senyawa yang tidak beracun, netral, tidak mudah menguap dan tidak iritasi. Pelarut PEG banyak digunakan sebagai emulsifier dan detergen, *humectants*, dan pada bidang farmasi (Wikipedia, 2007).

Semakin besar nilai berat molekul PEG maka akan semakin padat PEG tersebut dan sebaliknya. PEG berdasarkan molekulnya dibagi menjadi : PEG 200, 400, 600, 1000, 1500, 1540, 3350, 4000, 6000, 8000 dan diatas 100.000 sampai 300.000. PEG dengan berat molekul dibawah 1000 berupa cairan jernih tidak berwarna, PEG dengan berat molekul 1000 – 1500 berupa semi padat. PEG 3000 – 20.000 berupa padatan semi kristalin, dan diatas 100.000 berupa resin pada suhu kamar. Jadi PEG semakin meningkat kekerasannya dengan bertambah besarnya berat molekul. Umumnya PEG dengan berat molekul 1500 – 2000 yang digunakan untuk pembuatan dispersi padat. Sedangkan untuk PEG dibawah 1500 digunakan dalam dispersi cair (Leuner dan Dressman, 2000)

2.8 Air Asam Tambang

Air asam tambang (AAT) atau dalam bahasa Inggris *acid mine drainage* (AMD), atau *acid rock drainage* (ARD). Dalam industri pertambangan batubara disebut dengan *coal mine drainage* (CMD) merupakan air yang terbentuk akibat

kegiatan pertambangan terbuka maupun tertutup (bawah tanah) dimana terjadi reaksi antara air, oksigen, dan batuan-batuan yang mengandung mineral-mineral *sulfide* sehingga menyebabkan terjadinya air asam tambang.

Air asam tambang timbul apabila mineral-mineral sulfida yang terkandung dalam batuan pada saat penambangan berlangsung, bereaksi dengan air dan oksigen. *Oksidasi pirit* (FeS_2) akan membentuk ion *ferro* (Fe^{2+}), sulfat, dan beberapa proton pembentuk keasaman, sehingga kondisi lingkungan menjadi asam.

Reaksi Pembentukan Air Asam Tambang



Pyrite + oxygen + water → *Yellowboy Sulfure Acid*

Reaksi antara besi, oksigen dan air akan membentuk asam sulfat dan endapan besi hidroksida. Warna kekuningan yang mengendap di dasar saluran tambang atau pada dinding kolam pengendapan lumpur merupakan gambaran visual dari endapan besi hidroksida (*Yellowboy*). Di dalam reaksi umum pembentukan air asam tambang terjadi empat reaksi pada pirit yang menghasilkan ion-ion hidrogen yang apabila berikatan dengan ion-ion negatif dapat membentuk asam. Adapun karakteristik kimia dari air asam tambang yaitu:

1. pH rendah (nilainya berkisar antara 1,5 hingga 4).
2. Konsentrasi logam dapat larut tinggi (seperti besi, aluminium, mangan, kadmium, tembaga, timah, seng, arsenik dan merkuri).
3. Nilai keasaman : 50-15.000 mg/L dan konduktivitas listrik umumnya antara 1000- 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
4. Konsentrasi yang rendah dari oksigen terlarut ($< 6 \text{ mg}/\text{L}$).
5. Tingkat kekeruhan (turbiditas) atau total padatan tersuspensi yang rendah.

Asam tambang dapat terjadi pada kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka maupun tambang dalam, umumnya keadaan ini terjadi karena unsur sulfur yang terdapat di dalam batuan teroksidasi secara alamiah didukung juga dengan curah hujan yang tinggi semakin mempercepat perubahan oksida sulfur menjadi asam. Sumber-sumber air asam tambang berasal dari beberapa kegiatan, yaitu air

dari tambang terbuka, air dari pengolahan batuan buangan, air dari lokasi penimbunan batuan, dan air dari unit pengolahan limbah *tailing*.

Pada pertambangan batubara, kandungan logam yang dimaksud dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 yaitu besi dan mangan.

a. Besi

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation *ferro* (Fe^{2+}) dan *ferric* (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion *ferro* yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion *ferric*. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi *ferric* menjadi *ferro* terjadi penangkapan elektron.

b. Mangan

Mangan adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk manganous (Mn^{2+}) dan manganik (Mn^{4+}).

Dampak yang dihasilkan dari air asam tambang antara lain:

1. Terhadap tanah

- a. H_2S , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan H^+ yang banyak terbentuk pada oksidasi sulfida dapat secara langsung meracuni tanaman.
- b. Mikroba patogen meningkat
- c. Tanah kekurangan unsur basa seperti Ca, Mg, dan K.
- d. Penurunan mikroba tanah yang bermanfaat untuk fiksasi nitrogen.
- e. Terhadap kesehatan ternak dan manusia
- f. Jenis nyamuk tertentu mencari tempat asam untuk bertelur
- g. Aluminium terlarut dalam air dapat menimbulkan gangguan terhadap pertumbuhan organ tubuh dan gangguan kesehatan lainnya.
- h. Air yang bersifat asam dan tercemar pada sungai dapat menyebabkan iritasi kulit.

2. Terhadap perairan

- a. Pada kondisi pH yang rendah secara langsung dapat menyebabkan kematian ikan akibat terjadinya penyumbatan insang oleh garam-garam besi dan alumunium.
- b. Dominannya jenis-jenis *plankton* tertentu dan terjadinya endapan besi di dasar air yang akan menangkap nutrient dan sedimen mineral yang bermanfaat bagi biota perairan.

Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Maksimum
pH		6-9
Residu	mg/l	400
Tersuspensi	mg/l	400
Besi (Fe)	mg/l	7
Mangan (Mn)	mg/l	4

Sumber : Anonim,2012

2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sebuah tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan raster*. SEM digunakan untuk mengamati morfologi suatu bahan dengan prinsip kerja sifat gelombang dari elektron yaitu difraksi pada sudut yang sangat kecil.

Penggunaan SEM sebagai salah satu mikroskop elektron didasarkan pada fakta bahwa alat ini dapat digunakan untuk mengamati dan mengkarakterisasi bahan dengan skala *mikrometer* (μm) hingga *nanometer* (nm). Dalam SEM lensa yang digunakan adalah suatu lensa elektromagnetik, yakni medan magnet dan medan listrik, yang dibuat sedemikian rupa sehingga elektron yang melewatinya dibelokkan seperti cahaya oleh lensa elektromagnetik tersebut. Sebagai pengganti sumber cahaya dipergunakan suatu pemacu elektron (*electron gun*), yang

berfungsi sebagai sumber elektron yang dapat menembaki elektron yang berenergi tinggi, biasanya antara 20 KeV-200KeV, terkadang sampai 1 MeV.

2.10 Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi adalah suatu cara analisa yang mencakup pengukuran adsorpsi oleh senyawa kimia dengan panjang gelombang tertentu menghasilkan radiasi monokromatik (radiasi dari suatu panjang gelombang).

Prinsip dasar penentuan metode analisis SSA ini berdasarkan penyerapan energy radiasi oleh atom-atom netral pada keadaan dasar dengan panjang gelombang tertentu. Analisis menggunakan SSA mempunyai keuntungan berupa analisisnya sangat peka dan cepat, pengerjaannya sederhana serta tidak perlu dilakukan pemisahan unsure logam dalam pelaksanaannya.

Sejak diperkenalkan oleh A.Walsh pada tahun 1995 dan Rumapea pada tahun 2009, metode SSA telah mengalami perkembangan yang pesat. Sampai saat ini telah digunakan untuk menganalisa hamper keseluruhan unsure logam yang terdapat didalam tabel periodik unsur - unsur.

Cara pengukuran SSA yang sederhana dengan membandingkan adsorbansi larutan sampel dengan larutan standar, kemudian dibuat kurva kalibrasi yang melukiskan antara adsorbansi dengan konsentrasi larutan standar berupa garis lurus. Absorbansi larutan sampel diukur berdasarkan kurva kalibrasinya.

Alat-alat yang utama digunakan untuk analisa dengan metode SSA terdiri dari (Rumapea, 2009):

1. Sumber cahaya

Sebagai sumber cahaya digunakan lampu katoda berongga. Sumber ini menghasilkan garis resonansi yang spesifik untuk setiap unsur logam.

2. Nyala

Nyala yang digunakan dalam SSA harus memberikan suhu $>2000^{\circ}\text{K}$. Untuk mencapai suhu setinggi ini biasanya digunakan gas pembakar. Gas pembakar yang umum digunakan adalah *asetilena* (C_2H_2), *hydrogen* (H_2) dan *propane* (C_3H_8).

3. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan, mengisolasi serta mengontrol intensitas radiasi yang mencapai detector. Cara kerja monokromator pada SSA dapat dianggap sebagai filter yang dapat menyeleksi suatu bagian yang sempit dari beberapa spectrum dan ditransmisikan oleh atom logam yang dianalisis menuju detector serta memisahkannya dari semua panjang gelombang yang berada diluar bagian spectrum.

4. Detektor

Frekuensi resonansi yang telah dipisahkan oleh monokromator selanjutnya memasuki detector sehingga dihasilkan suatu sinyal dan sinyal ini selanjutnya ditransmisikan ke amplifier.

5. Amplifier

Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima detektor yang selanjutnya diubah ke nilai bacaan absorbansi serapan atom.

2.11 Ekstraksi Padat-Cair

Pada ekstraksi padat-cair, komponen yang dapat larut dipisahkan dari bahan padat dengan bantuan pelarut (ekstraktan). Pada ekstraksi ini, ketika bahan ekstraksi dicampur dengan pelarut maka pelarut akan bereaksi dengan bahan padat dan membentuk larutan ekstrak. Larutan ekstrak dengan konsentrasi yang tinggi terbentuk

di bagian dalam bahan ekstraksi. Dengan cara difusi akan terjadi kesetimbangan konsentrasi antara larutan tersebut dengan larutan di luar bahan padat. Syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai kecepatan ekstraksi yang tinggi pada ekstraksi padat-cair adalah sebagai berikut:

- a. Karena perpindahan massa berlangsung pada bidang kontak antara fase padat dan fase cair, maka bahan itu perlu memiliki permukaan yang seluas mungkin.
- b. Kecepatan alir pelarut sedapat mungkin besar dibandingkan dengan laju alir bahan ekstraksi

- c. Suhu yang lebih tinggi (viskositas pelarut lebih rendah, kelarutan ekstrak lebih besar) pada umumnya menguntungkan kecepatan ekstraksi.

Ekstraksi padat-cair merupakan suatu proses yang melibatkan perpindahan massa antar fasa. Perbedaan aktivitas kimia antara fasa padatan dan fasa pelarut mencerminkan seberapa jauh sistem berada dari kesetimbangan, sehingga akan menentukan pula laju zat terlarut antar fasa. Proses ini merupakan proses yang bersifat fisik karena komponen terlarut kemudian dikembalikan lagi ke keadaan semula tanpa mengalami perubahan kimiawi (Lucas, 1949). Dalam proses ekstraksi padat-cair diperlukan kontak yang sangat lama antara pelarut dan padatan. Proses ini paling banyak ditemui di dalam usaha untuk mengisolasi suatu substansi yang terkandung di dalam suatu bahan alam sehingga yang berperan penting dalam menentukan sempurnanya proses ekstraksi ini adalah sifat-sifat bahan alam tersebut dan juga bahan yang akan diekstraksi. Tingkat ekstraksi bahan ditentukan oleh ukuran partikel bahan tersebut. Bahan yang diekstrak sebaiknya berukuran seragam untuk mempermudah kontak antara bahan dan pelarut sehingga ekstraksi berlangsung dengan baik (Sudarmadji & Suhardi 1996).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi antara lain :

- a. Jenis pelarut

Jenis pelarut mempengaruhi senyawa yang tersari, jumlah zat terlarut yang terekstrak dan kecepatan ekstraksi.

- b. Suhu

Secara umum, kenaikan suhu akan meningkatkan jumlah zat terlarut ke dalam pelarut.

- c. Rasio pelarut dan bahan baku

Jika rasio pelarut-bahan baku besar maka akan memperbesar pula jumlah senyawa yang terlarut. Akibatnya laju ekstraksi akan semakin meningkat.

- d. Ukuran partikel

Laju ekstraksi juga meningkat apabila ukuran partikel bahan baku semakin kecil. Dalam arti lain, rendemen ekstrak akan semakin besar bila ukuran partikel semakin kecil.

e. Pengadukan

Fungsi pengadukan adalah untuk mempercepat terjadinya reaksi antara pelarut dengan zat terlarut.

f. Lama waktu

Lamanya waktu ekstraksi akan menghasilkan ekstrak yang lebih banyak, karena kontak antara zat terlarut dengan pelarut lebih lama. (Ubay, 2011).