

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Bottom Ash* Batubara

*Bottom Ash* batubara merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga *Bottom Ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan. Sifat dari *Bottom Ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batubara dan sistem pembakarannya. Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari *Bottom Ash* adalah sebagai berikut: Sifat fisik *Bottom Ash* berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *wet* dan *dry Bottom Ash* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Khas *Bottom Ash*

Sifat Fisik <i>Bottom Ash</i>	<i>Wet</i>	<i>Dry</i>
Bentuk	Angular/bersiku	Berbutir kecil/granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras mengkilap	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran	No. 4 (90 – 100%)	1,5 s/d 3/4 in (100%)
(%lolos ayak)	No. 10 (40 – 60%)	No. 4 (50 – 90%)
	No. 40 (10%)	No. 10 (10 – 60%)
	No. 200 (5%)	No. 40 (0 – 10%)
<i>Spesific gravity</i>	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
<i>Dry unit weight</i>	960 – 1440 kg/m <sup>3</sup>	720 – 1600 kg/m <sup>3</sup>
Penyerapan	0,3 – 1,1%	0,8 – 2,0%

*Sumber : Achmad Subki Arinata, et.al, 2013*

Komposisi kimia dari *Bottom Ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca, serta Mg, S, Na dan unsur kimia yang lain. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moulton (1973), didapat bahwa kandungan garam dan pH yang rendah dari *Bottom Ash* dapat menimbulkan sifat korosi pada struktur baja yang bersentuhan dengan campuran yang mengandung *Bottom Ash*. Selain itu rendahnya nilai pH yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan sulfat yang terlarut menunjukkan adanya kandungan pyrite (*iron sulfide*) yang besar.



Gambar 1. Sampel *Bottom Ash* Kering

Pemanfaatan *bottom ash* batubara terhitung minim karena kebanyakan masih sebagai bahan tambahan pada agregat buatan pada pembuatan beton dan maksimum 2,4%. Sehingga pemanfaatan tergolong masih belum maksimal. Hal ini dipertegas Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 yang mengatakan dampak *bottom ash* tergolong berbahaya karena bila terhirup secara berkala dapat menyebabkan masalah pernapasan serius. Bila dilewati hujan, air rembesan akan mencemari lingkungan karena bersifat asam dan merusak kesuburan tanah (Vega pratiwi, 2016)

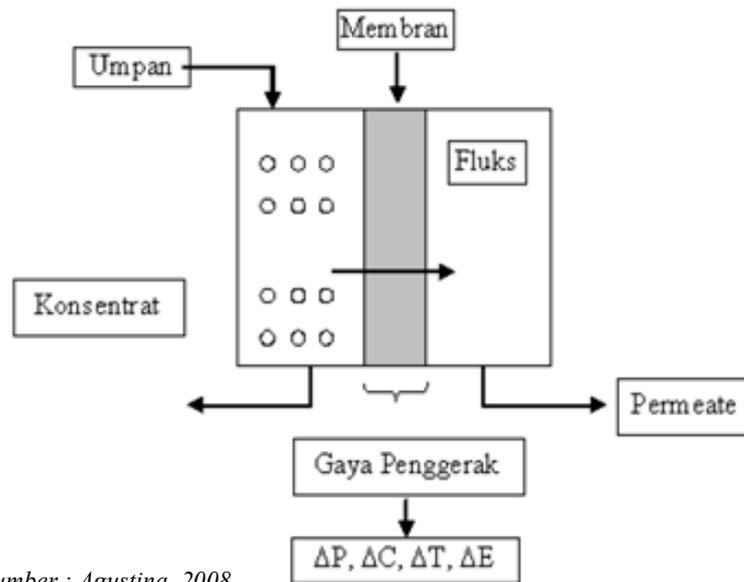
Secara umum ukuran *fly ash* dan *bottom ash* dapat langsung dimanfaatkan di pabrik semen sebagai substitusi batuan *trass* dengan memasukkannya pada *cement*

*mill* menggunakan udara tekan (*pneumatic system*). Selain dimanfaatkan di industri semen, *fly/bottom ash* dapat juga dimanfaatkan menjadi campuran aspal (*ready mix*), campuran beton (*concrete*) dan dicetak menjadi paving block/batako. (Arinata, 2013)

## **2.2 Membran**

Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi transpor dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Indah Farha, 2012). Membran bersifat semipermeabel, berarti membran dapat menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori membran dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan (Heru Pratomo, 2003).

Proses pemisahan dengan membran mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Perpindahan yang terjadi karena adanya gaya dorong (*driving force*) dalam umpan yang berupa beda tekanan ( $\Delta P$ ), beda konsentrasi ( $\Delta C$ ), beda potensial listrik ( $\Delta E$ ) dan beda temperatur ( $\Delta T$ ) serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi. (Mulder, 1996)



Sumber : Agustina, 2008

Gambar 2. *Driving Force Membrane*

Membran dapat dibuat dari bahan alami dan bahan sintetis, dimana bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam seperti dari *pulp*, kapas sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia seperti polimer. Membran juga dapat dibuat dari polimer alam (organik) dan polimer anorganik.

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Filtrasi dengan menggunakan membran berfungsi sebagai sarana pemisahan dan juga sebagai pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut. Teknologi membran mempunyai beberapa keunggulan yaitu proses pemisahannya berlangsung pada suhu kamar, dapat dilakukan secara kontiniu, sifat yg bervariasi, dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Proses pemisahan dengan membran menggunakan gaya dorong berupa beda kuat tekan, medan listrik dan beda konsentrasi dan dapat dikelompokkan menjadi mikromembran, ultramembran, nanomembran dan *reverse osmosis*. Selain memiliki sifat yang unggul, Teknologi membran juga mempunyai

kelemahan yaitu pada fluks dan selektifitas. Pada proses membran terjadi perbedaan yang berbanding terbalik antara fluks dan selektifitas. Semakin tinggi fluks berakibat menurunnya selektifitas pada membran. Sedangkan yang paling diharapkan pada membran adalah mempertinggi fluks dan selektifitas dari kinerja membran tersebut (Agustina, 2008).

### 2.2.1 Klasifikasi Membran

Menurut Widayanti (2013) membran dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan bahan yang digunakan, yaitu :

#### 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. Membran polimer diklasifikasikan menjadi membran berpori dan membran tidak berpori. Membran berpori diaplikasikan pada mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi, sedangkan membran nonpori diaplikasikan pada pemisahan gas dan pervation. Faktor utama untuk penentuan pemisahan material pada membran berpori adalah ukuran pori dan distribusi ukuran pori serta stabilitas kimia dan termal pada membran. Sedangkan pada membran nonpori yang digunakan untuk pemisahan gas/pervation ditentukan oleh performansi membran yaitu pada selektifitas dan fluks. Pada umumnya menggunakan membran asimetrik.

#### 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<sub>2</sub>) menggunakan teknik *demixed glasses*. Sedangkan membran metalik ditentukan dengan sintering bubuk logam, namun penjelasan mengenai membran ini masih terbatas.

### 2.2.2 Teknik Pembuatan Membran

Teknik - teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching*, pelapisan (*coating*), dan inversi fasa (Widayanti, N; 2013).

#### a. *Sintering*

Sintering adalah teknik yang sangat sederhana, bisa dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Selama sintering antar muka antara partikel yang berkontak hilang membentuk pori. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10 µm.

#### b. *Stretching*

*Stretching* adalah suatu metode pembuatan membran dimana film yang telah diekstrusi atau foil yang dibuat dari bahan polimer semi kristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. Jika stress mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3 µm.

#### c. *Track-Etching*

*Track-Etching* merupakan metode dimana film atau foil ditembak oleh partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus ke arah film. Partikel akan merusak matriks polimer dan membentuk suatu lintasan. Film kemudian dimasukkan ke dalam bak asam atau basa dan matriks polimer akan membentuk goresan

sepanjang lintasan untuk selanjutnya membentuk pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit.

#### d. Template-Leaching

*Template-Leaching* merupakan suatu teknik lain untuk membuat membran berpori yaitu dengan cara melepaskan salah satu komponen (*leaching*). Membran gelas berpori dapat dibuat dengan cara ini.

#### e. Inversi fasa

Inversi fasa merupakan salah satu metode pembuatan membran. Inversi fasa adalah suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses pemadatan (solidifikasi) ini diawali dengan transisi dari fasa cair ke fasa dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Tahap tertentu selama proses *demixing*, salah satu fasa cair (fasa polimer konsentrasi tinggi) akan memadat sehingga akan terbentuk matriks padat.

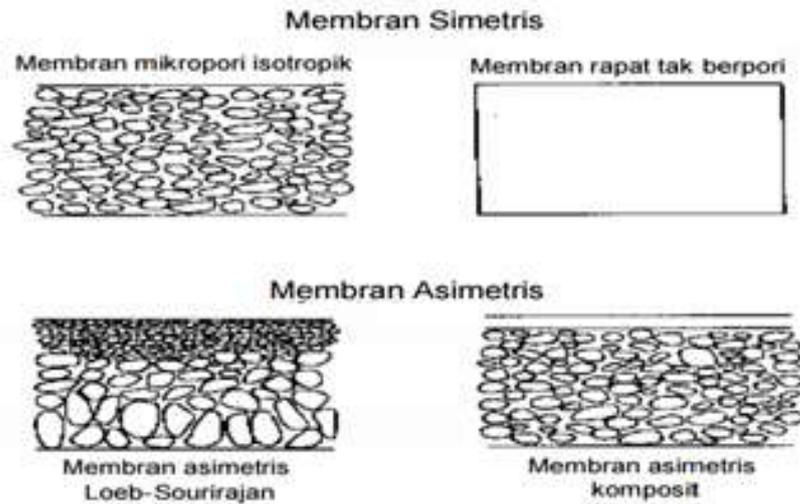
### 2.2.3 Jenis Filtrasi Membran

Pada umumnya penyaringan menggunakan sistem membran dapat didasarkan atas ukuran pori dan besarnya gaya dorong atau tekanan. Sehingga dapat diperkirakan suatu larutan dapat dipisahkan dari zat tertentu menggunakan membran tersebut. Jenis membran berdasarkan besar ukuran pori membran dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Membran berdasarkan Struktur dan Diameter Pori

Membran berdasarkan struktur	Klasifikasi IUPAC
Membran <i>porous</i> (pori > 50 nm)	Mikropori $d < 2$ nm
Membran <i>nonporous</i> ( $2$ nm < pori < 50 nm)	Mesopori $2 < d < 50$ nm
Membran <i>carrier</i> (pori < 50 nm)	Makropori $d > 50$ nm

Sumber : Grahn, 2006



Sumber : Widayanti, 2013

Gambar 3. Penampang Membran Simetris dan Asimetris

Sedangkan secara umum dikenal beberapa jenis membra yaitu mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF), dan *reverse osmosis* (RO) yang didasarkan atas besarnya gaya dorong (gradien tekan).

a. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi merupakan pemisahan partikel berukuran mikron atau submikron dengan mekanisme penyaringan, yaitu memisahkan spesi tertentu dari yang lain berdasarkan ukuran suatu fluida. Mikrofiltrasi mempunyai pori antara 0,1  $\mu\text{m}$  sampai 10  $\mu\text{m}$ . membran mikrofiltrasi mempunyai pori yang relatif besar sehingga ketahanan terhadap tekanan relatif kecil dan tidak membutuhkan gaya penggerak yang tinggi. (Ali, 2010)

b. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi mempunyai pori puluhan angstrom sehingga partikel dengan ukuran 0,05 sampai 0,5  $\mu\text{m}$  secara keseluruhan dapat ditahan membran ultrafiltrasi. Tekanan sistem ultrafiltrasi berkisar 70 – 700 kPa sehingga dapat digunakan pompa sentrifugal biasa. (Ali, 2010)

c. Nanofiltrasi

Nanofilter ialah membran yang melewatkan partikel dibawah satu nanometer ( $10^{-3}$  mikron). Proses nanofiltrasi dapat menghilangkan bakteri, virus dan menghilangkan warna sehingga nanofiltrasi cocok untuk air yang memiliki total padatan terlarut yang rendah. Proses nanofiltrasi sejatinya menggabungkan proses reverse osmosis dan ultrafiltrasi membran. (Ali, 2010)

d. Reverse Osmosis

*Reverse osmosis* merupakan proses yang didorong adanya tekanan, menahan semua ion, dan meloloskan air. Membran *reverse osmosis* ini juga rentan terjadi *fouling* yang diakibatkan zat dalam air baku seperti kerak, koloid, oksida logam dan silika. Sehingga pengaplikasian memerlukan *pretreatment* (pengendapan dan flokulasi) agar proses berjalan maksimal

Tabel 3. Perbandingan Sifat Berbagai Jenis Membran

Sifat membran	Osmosa Balik	Ultrafiltrasi	Mikrofiltrasi
Tekanan	10 – 30 bar	2 – 6 bar	2 – 6 bar
Konsumsi energi	Tinggi	Rendah	Rendah
Effisiensi penyaringan	50 – 80 %	Maksimal 95%	Maksimal 100%
Keasaman	pH 2 – 11	pH 1 – 13	pH 1 - 13
Suhu operasi	Max. 40 °C	Max 80 °C	Tahan suhu tinggi
Ketahanan oksidasi	Tidak tahan oksidasi	Tahan oksidasi	Tahan oksidasi

Sumber : Wagner, 2001

#### 2.2.4 Faktor Kinerja Membran

Faktor utama yang menentukan sifat membran dalam proses penyaringan adalah struktur membran, komposisi kimia, dan kondisi operasi. Struktur membran berkaitan dengan ukuran pori, distribusi pori, jumlah pori dan ketebalan lapisan. (Keenan, 1992)

Adapun faktor yang mempengaruhi kerja membran secara umum antara lain :

##### a. Permeabilitas

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

$$J = V_{sampel} \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{3600 s}{1 jam} \times \frac{1}{t_{sampel}} \times \frac{1}{A_{membran}} \dots (1)$$

J = Fluks volume (L/m<sup>2</sup>. jam)

V = Volume permeat

A = Luas permukaan

t = Waktu

##### b. Selektifitas

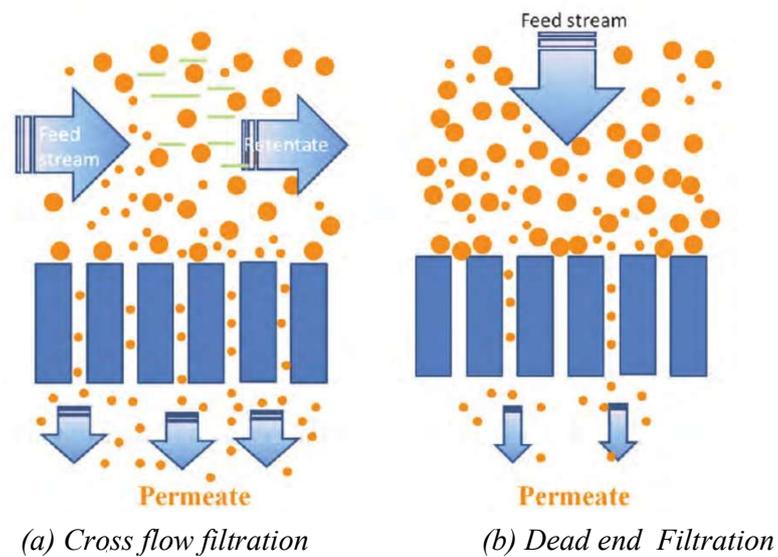
Selektifitas merupakan ukuran kemampuan suatu alat membran menahan suatu suspensi tertentu. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektifitas adalah koefisien rejeksi (R), yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran.

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

R = Tolakan

C<sub>p</sub> = Konsentrasi permeat

C<sub>f</sub> = Konsentrasi feed



Sumber : Wagner, 2001

Gambar 4. Jenis Umpan Membran

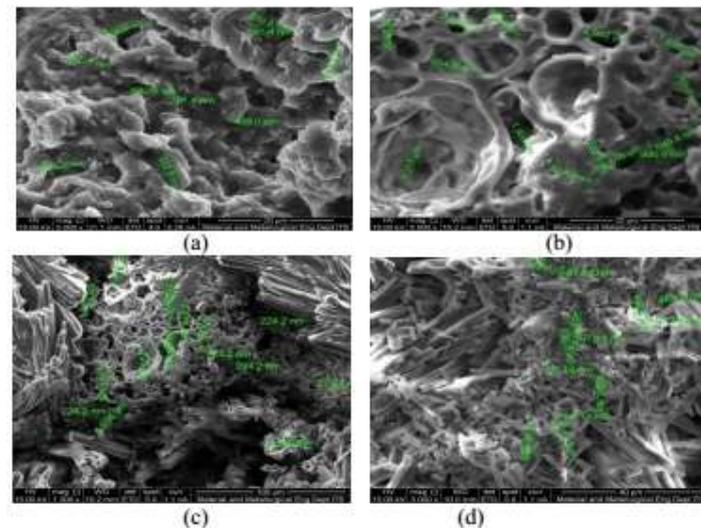
### 2.2.5 Membran Silika

Salah satu aplikasi membran ialah pembuatan membran dengan menambahkan bahan (*filler*) silika. Membran yang dibuat dengan variasi penambahan silika memiliki bentuk morfologi yang berbeda-beda. Pada membran tanpa penambahan silika memiliki rata-rata ukuran pori-pori 385.1 nm. Pori-pori yang cukup besar dipermukaan membran menunjukkan bahwa meskipun tanpa menggunakan tambahan silika membran tersebut masih bisa berpori. Pori ini timbul akibat udara yang terperangkap kemudian terdorong keluar akibat proses pemanasan. Sedangkan pada bagian dalam bahan penyusunnya akan saling

berikatan satu dengan yang lainnya. Hal ini terlihat dari tingginya nilai kerapatan dari membran silika yang dihasilkan. Pengukuran porositas juga menunjukkan jumlah yang sangat kecil. Setelah membran diaplikasikan untuk filtrasi, membran tidak dapat mengalirkan bahan kemungkinan dikarenakan bagian dalam membran yang berikatan sangat kuat sehingga membran menjadi *non porous*. Akibatnya partikel-partikel yang terdapat dalam air laut tidak mampu untuk menembus pori-pori membran silika ( $\text{SiO}_2$ ). (Mufid, 2013)

Pada penelitian Ali mufid (2013), hasil SEM membran dengan penambahan silika sebesar 1 dan 3 gram, menunjukkan rata-rata ukuran pori-pori 1.59  $\mu\text{m}$  dan 1.52  $\mu\text{m}$ , dan termasuk dalam membran mikrofilter yang dapat menyaring bakteri dan jamur. , dan termasuk dalam membran mikrofilter yang dapat menyaring bakteri dan jamur. Pori-pori ini cukup besar jika diaplikasikan untuk filtrasi air laut. Dari hasil filtrasi air laut, kemampuan membran dengan penambahan 1 dan 3 gram silika dalam proses penyaringan sangat besar. Debit aliran filtrasi sebesar 0.25 ( $\text{cm}^3/\text{menit}$ ) dan 0.15 ( $\text{cm}^3/\text{menit}$ ). Hal ini disebabkan kecilnya nilai kerapatan dan porositas membran yang dibuat. Penambahan silika 1 dan 3 gram membuat ukuran pori-pori membran menjadi sangat besar, dikarenakan komposisi matriks dan *filler* tidak berimbang.

Membran yang diperoleh dari penambahan silika sebesar 5 gram memiliki rata-rata ukuran pori-pori 375.63 nm, dimana membran hanya terisi oleh kristal silika dari yang menjadikan membran memiliki ukuran pori-pori lebih rapat yang dihasilkan dari berikatannya antar kristal silika dan metasilikat. Sehingga saat diaplikasikan pada proses filtrasi, membran menjadi lebih selektif dari pada membran dengan penambahan 0 gram, 1 gram serta 3 gram. Dan kesimpulan dari penelitian memaparkan bahwa semakin besar penambahan silika semakin baik kualitas filtrasi membran karena sebaran butir silika yang dihasilkan sangat rapat sehingga pori-porinya semakin kecil.



Sumber : Ali Mufid dan Erna (2013)

Gambar 5. Hasil SEM Membran dengan Silika : (a) 0 gram; (b) 1 gram; (c) 3 gram; (d) 5 gram

### 2.3 Limbah Cair Pembuatan Songket

Industri rumah tangga umumnya tidak memiliki sarana dalam pengelolaan limbahnya. Tanpa kita sadari, bahaya dari buangan rumah tangga ini sangat mempengaruhi lingkungan disekitar limbah. Berdasarkan survey dan hasil wawancara yang dilakukan peneliti terhadap buangan industri rumah tangga tenun songket (penenunan, songket, dan jumputan) di sekitar Sungai Musi Kota Palembang, buangan dari industri tenun songket berasal dari proses pencelupan kain ke dalam rendaman air yang berisi beberapa pewarna kain.

Wardhana (2004) menjelaskan limbah dari industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemar logam berat terutama logam krom yang dihasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. Lovasari dan Iman (2011) juga menjelaskan salah satu sektor industri yang berkembang pesat di Indonesia adalah industri batik. Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan - bahan kimia dan air. Penggunaan bahan kimia biasanya pada saat proses pewarnaan maupun pencelupan kain batik. Keberadaan polutan yang terdapat pada limbah cair industri batik ini dapat berupa padatan tersuspensi, bahan kimia maupun zat organik, dan mengandung logam berat kromium (Cr).



*Sumber : Nina, 2007*

Gambar 6. Limbah Cair Pembuatan Songket Palembang

Nina (2007) menjelaskan logam krom merupakan salah satu logam sangat beracun yaitu dapat mengakibatkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam jangka waktu singkat. Industri tekstil seringkali membuang limbahnya langsung ke perairan tanpa dilakukan pengolahan yang memadai. Adanya logam-logam berat seperti krom di perairan tentunya berdampak buruk bagi organisme yang hidup di perairan tersebut karena daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang enzim dalam proses fisiologi dan metabolisme tubuh organisme yang menyebabkan enzim tidak berfungsi sebagaimana mestinya sehingga proses metabolisme terputus. Selain itu krom juga dapat terakumulasi dalam tubuh dan masuk dalam rantai makanan, sehingga pada tingkat trofik yang lebih tinggi akumulasi logam tersebut sangat tinggi, akibatnya timbul keracunan yang pada tingkat kronis dapat menyebabkan kematian.

#### 2.3.1 Zat Warna

Warna merupakan spectrum tertentu yang terdapat didalam suatu cahaya sempurna berwarna putih. Identitas suatu warna ditentukan oleh panjang gelombang cahaya tersebut. Sebagai contoh warna biru yang memiliki panjang gelombang 460 nm. Radiasi yang tersebar secara merata akan tampak sebagai

cahaya putih dan yang akan terurai dalam warnawarna spectrum bias dengan adanya penyaringan oleh prisma yang dipersepsikan sebagai sinar foton (Koko, 2011).

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Rahmawati, I., 2011). Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Gugus auksokrom terdiri dari dua golongan, yaitu golongan kation dan golongan anion.

Zat warna dapat digolongkan menurut sumber diperolehnya yaitu zat warna alam dan zat warna sintetis. Van Croft menggolongkan zat warna berdasarkan pemakaiannya, misalnya zat warna yang langsung dapat mewarnai serat disebutnya sebagai zat warna substantif dan zat warna yang memerlukan zat-zat pembantu supaya dapat mewarnai serat disebut zat reaktif. Kemudian Henneck membagi zat warna menjadi dua bagian menurut warna yang ditimbulkannya, yakni zat warna monogenetik apabila memberikan hanya satu warna dan zat warna poligenetik apabila dapat memberikan beberapa warna. Penggolongan zat warna yang lebih umum dikenal adalah berdasarkan konstitusi (struktur molekul) dan berdasarkan aplikasi (cara pewarnaannya) pada bahan, misalnya didalam pencelupan dan pencapan bahan tekstil, kulit, kertas dan bahan-bahan lain. Penggolongan lain yang biasa digunakan terutama pada proses pencelupan dan pencapan pada industri tekstil adalah penggolongan berdasarkan aplikasi (cara pewarnaan). Zat warna tersebut dapat digolongkan sebagai zat warna asam, basa, direk, dispersi, pigmen, reaktif, solven, belerang, bejana dan lain-lain (Christie, R.M., 2001).

Jenis yang paling banyak digunakan saat ini adalah zat warna reaktif dan zat warna dispersi. Hal ini disebabkan produksi bahan tekstil dewasa ini adalah serat sintetis seperti serat polamida, poliester dan poliakrilat. Bahan tekstil sintetis ini, terutama serat poliester, kebanyakan hanya dapat dicelup dengan zat warna

dispersi. Demikian juga untuk zat warna reaktif yang dapat mewarnai bahan kapas dengan baik (Sunarto, 2008).

Menurut Budiyo (2008) jenis zat warna ada dua, yaitu zat warna alam dan zat warna sintetis. Zat warna alam adalah zat warna yang berasal dari alam, baik yang berasal dari tanaman, hewan, maupun bahan metal. Zat warna dari tumbuhan yang biasanya digunakan antara lain: *indigofera* (warna biru), *Sp Bixa orrellana* (warna orange purple), *Morinda citrifolia* (warna kuning). Zat warna yang berasal dari hewan adalah Kerang (*Tyran purple*), Insekta (*Ceochikal*), dan Insekta warna merah (*Loe*). Zat warna sintesis adalah zat warna buatan dengan bahan dasar buatan, misalnya: Hirokarbon Aromatik dan Naftalena yang berasal dari batubara. Hampir semua zat warna yang digunakan dalam industri batik merupakan zat warna sintetis, karena zat warna jenis ini mudah diperoleh dengan komposisi yang tetap, mempunyai aneka warna yang banyak, mudah cara pemakaiannya dan harganya relatif tidak tinggi. Zat pewarna kimia tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tujuh bahan warna yaitu: Naphthol, Indigosol, Rapide, Ergan Soga, Kopel Soga, Chrom Soga, dan Procion

#### 2.4 Silika (SiO<sub>2</sub>)

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawa kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatannya mempunyai sifat ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk kristal enansiomorf (cermin).

Nama IUPAC : Silikon Dioksida

Nama lain : Kuarsa, silika, silikat dioksida, silicon (IV) oksida

Rumus molekul : SiO<sub>2</sub>

Massa molar : 60,08 g mol<sup>-1</sup>

Penampilan : Kristal Transparan

Titik Lebur : 1600-1725 °C

Titik didih : 2230 °C

Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifan yang tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F<sub>2</sub>, HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat (Keenan, 1992).

Bentuk-bentuk silika merupakan beberapa struktur kristal yang penting bukan saja karena silika merupakan zat yang melimpah dan berguna, tetapi karena strukturnya (SiO<sub>4</sub>) adalah unit yang mendasar dalam kebanyakan mineral. Kristal silika memiliki dua ciri utama yaitu:

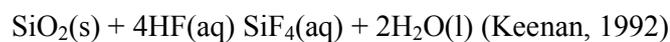
1. Setiap Atom Silikon Berada Pada Pusat Suatu Tetrahedron Yang Terdiri Dari Empat Atom Oksigen.
2. Setiap Atom Oksigen Berada Ditengah-Ditengah Antara Dua Atom Silikon (Keenan, 1992).

#### Sifat Kimia

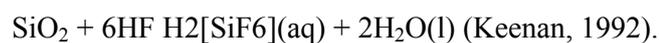
Mineral silika mempunyai berbagai sifat kimia antara lain sebagai berikut :

##### a. Reaksi Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofluorida dan asam phospat.



Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



b. Reaksi basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali.



#### 2.4.1 Silika Presipitasi

Silika ini disusun oleh agregat dari partikel-partikel ukuran koloid yang tidak dapat digabungkan kedalam jaringan *irrasive* gel selama proses persiapan. Silika presipitasi salah satunya dapat dibentuk melalui presipitasi dari larutan. Silika presipitasi berbentuk tepung atau bubuk yang mempunyai struktur lebih terbuka dengan volume pori yang lebih tinggi dari gel tepung yang dikeringkan. Silika presipitasi dapat digunakan dalam industri karet, kosmetik dan sebagai agen pembersih dalam industri pasta gigi, agen pencegah kerak dalam industri makanan. Natrium silika hasil ekstraksi kemudian direaksikan dengan HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Proses tersebut lebih dikenal dengan sol atau gel (Keenan, 1992). Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :



Silika presipitat memiliki dua gugus fungsi yang berbeda pada permukaannya, yaitu gugus (Si-OH) dan gugus siloxane (Si-O-Si). Kedua gugus fungsi ini mempengaruhi properti pada permukaan sekaligus aplikasi dari silika presipitasi itu sendiri. Suatu permukaan dengan 5-6 gugus silanol per nm<sup>2</sup>, menghasilkan silika presipitasi yang hidrofilik. Sedangkan gugus siloksan bersifat inert secara kimiawi dan kereaktifannya menghasilkan silika presipitasi dengan permukaan yang beragam. Sehingga reaksinya dengan silikon membuatnya bersifat hidrofobik. Kandungan-kandungan dalam silika presipitasi dapat dianalisa dengan berbagai metode. Kandungan silika dapat diketahui secara gravimetri menggunakan *hydrofluoric acid*, analisa zat pengotor berupa logam dapat dilakukan dengan AAS, sedangkan kandungan sulfat dapat diperoleh dengan titrasi potensiometri.(Keenan, 1992)

## 2.5 Asam Klorida (HCl)

Asam klorida adalah asam kuat, dan terbuat dari atom hidrogen dan klorin. Atom Hidrogen dan klorin berpartisipasi dalam ikatan kovalen, yang berarti bahwa hidrogen akan berbagi sepasang elektron dengan klorin. Ini ikatan kovalen hadir sampai air ditambahkan ke HCl. Setelah ditambahkan ke dalam air, HCl akan terpisah menjadi ion hidrogen (yang positif dan akan melakat pada molekul air) dan ion klorida (yang negatif). (Cotton, 1989)

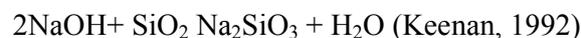
HCl bening dan tidak berwarna ketika ditambahkan ke air. Namun, asam klorida memiliki bau yang kuat, dan mengandung rasa asam yang khas dari kebanyakan asam. Asam klorida mudah larut dalam air pada semua konsentrasi, dan memiliki titik didih sekitar 110 derajat Celcius.

Asam klorida bersifat korosif, yang berarti akan merusak dan mengikis jaringan biologis bila tersentuh. Selanjutnya, HCl dapat menyebabkan kerusakan besar internal jika terhirup atau tertelan. Untuk alasan ini, disarankan bahwa seseorang yang menangani HCl harus menggunakan sarung tangan, kacamata, dan masker saat bekerja dengan asam ini. (Cotton, 1989)

## 2.6 Natrium Hidroksida (NaOH)

Sepanjang sejarah industri kimia, persediaan Natrium Hidroksida (NaOH), soda kaustik, Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air.

Pada saat silika (SiO<sub>2</sub>) bereaksi dengan natrium karbonat akan membentuk reaksi kimia :



Selain itu Natrium Hidroksida memiliki sifat fisika dan kimia antara lain:

Rumus molekul	: NaOH
Bentuk	: Solid
Penampilan	: Putih
Bau	: Tidak berbau

Titik Lebur : 3180°C  
Titik Didih : 1388°C (Cotton, 1989)

### 2.7 Polyethylene Glycol (PEG)

PEG termasuk kedalam golongan polimer sintetis. PEG mempunyai kelarutan yang baik dalam air dan kesamaan secara struktur kimia karena adanya gugus hidrosil primer pada ujung rantai polieter yang mengandung oksietilen (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-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 104 ) dan memiliki berat molekul rata – rata 1000 (Christie, 2001).

Penambahan bahan aditif pada membran berguna untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat mekanik, kimia, dan fisik membran. 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 (Rahmawati, 2011).

PEG adalah senyawa hasil kondensasi dari oksietilen dan air dengan rumus molekul H(OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>OH, 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. 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 (Christie, 2001).

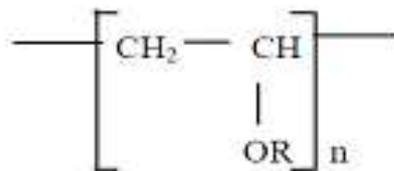
Nama Kimia	: <i>Polyethylene glycol</i>
Rumus kimia	: $\text{C}_{2n}\text{H}_{4n+6}\text{O}_{n+2}$
Berat molekul	: $44n + 62\text{ g/mol}$
Densitas	: $1,1 - 1,2\text{ g/cm}$
Titik cair	: $104\text{ }^{\circ}\text{F}/ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Titik lebur 580	: $580\text{ }^{\circ}\text{F}/ 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
Titik api	: $182 - 228\text{ }^{\circ}\text{C}$

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.(Christie, 2001).

## 2.8 Polyvinyl Alcohol (PVA)

Polivinil alkohol (PVA) merupakan suatu kopolimer vinil alkohol yang tersusun dari komonomer unit vinil seperti etilen atau propilen. Polivinil alkohol dihasilkan melalui proses hidrolisis (saponifikasi) dari vinil polimer asetat. Etilen direaksikan dengan asam asetat akan menghasilkan vinil asetat. Reaksi tersebut dapat berjalan dengan penambahan katalis yaitu garam palladium seperti palladium (II) klorida. Reaksi pembentukan vinil asetat terjadi dalam fase gas. Gas yang terbentuk dialirkan ke dalam reaktor dan temperaturnya dipertahankan tetap dalam kisaran 150-200 °C dengan tekanan 5-10 atm. Selanjutnya vinil asetat dipolimerisasi menghasilkan polivinil asetat (Maurits simanjuntak, 2008).

Wujud dari polivinil alkohol berupa *powder* atau serbuk yang berwarna putih dan memiliki densitas 1,2-1,3 g/cm<sup>3</sup> serta dapat larut dalam air pada temperatur 80 oC. Bentuk struktur dari polivinil alkohol



Sumber : Maurits simanjuntak, 2008

Gambar 7. Struktur PVA

Polivinil alkohol dapat digunakan sebagai bahan pembuatan kemasan film plastik. Dengan sifat yang mudah larut dalam air, polivinil tersebut dapat menghasilkan kemasan film plastik yang *biodegradable*. Polivinil alkohol mempunyai kuat sobek dan kuat tarik lebih tinggi dibandingkan plastik yang berbahan polietilen (PE) maupun polivinil klorida (PVC). Fungsi penambahan PVA adalah untuk meningkatkan kekuatan, fleksibilitas, dan ketahanan *foam* berbasis pati pada material sebelum proses pembakaran (Shogren *et al.*, 1998). Selain itu PVA juga berfungsi sebagai pengemulsi dalam pembuatan mikrosfer. Gugus hidroksil dari PVA yang bersifat polar akan berikatan dengan molekul air, sedangkan rantai vinilnya akan berikatan dengan

molekul diklorometana sehingga emulsi menjadi lebih stabil (Maurits simanjuntak, 2008).

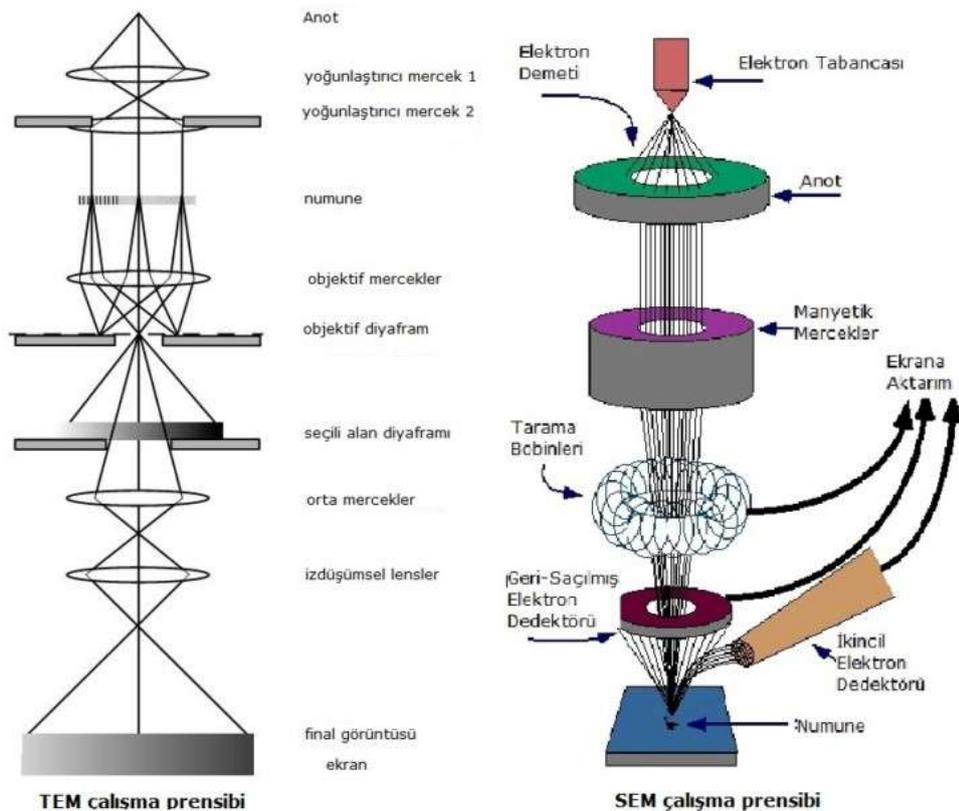
## 2.9 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) membentuk suatu gambar dengan menembakkan suatu sinar electron berenergi tinggi, biasanya dengan energi dari 1 hingga 20 keV, melewati sampel dan kemudian mendeteksi “*secondary electron*” dan *backscattered electron* yang dikeluarkan “*Secondary electron*” berasal pada 5-15 nm dari permukaan sampel dan memberikan informasi topografi dan untuk tingkat yang kurang, pada variasi unsur dalam sampel. “*Backscattered electron*” terlepas dari daerah sampel yang lebih dalam dan memberikan informasi terutama pada jumlah atom rata-rata dari sampel.

Peristiwa tumbukan berkas sinar electron, yaitu ketika memberikan energi pada sampel, dapat menyebabkan emisi dari sinar-x yang merupakan karakteristik dari atom-atom sampel. Energi dari sinar-x digolongkan dalam suatu tebaran energi spectrometer dan dapat digunakan untuk identifikasi unsur-unsur dalam sampel.

Berkas elektron primer berinteraksi dengan sampel di sejumlah cara kunci:

- Elektron primer menghasilkan elektron energi yang rendah sekunder, yang cenderung menekankan sifat topografi spesimen
- Elektron primer dapat backscattered yang menghasilkan gambar dengan tingkat tinggi nomor atom kontras (*Z*).



Sumber : Cahyana, 2014

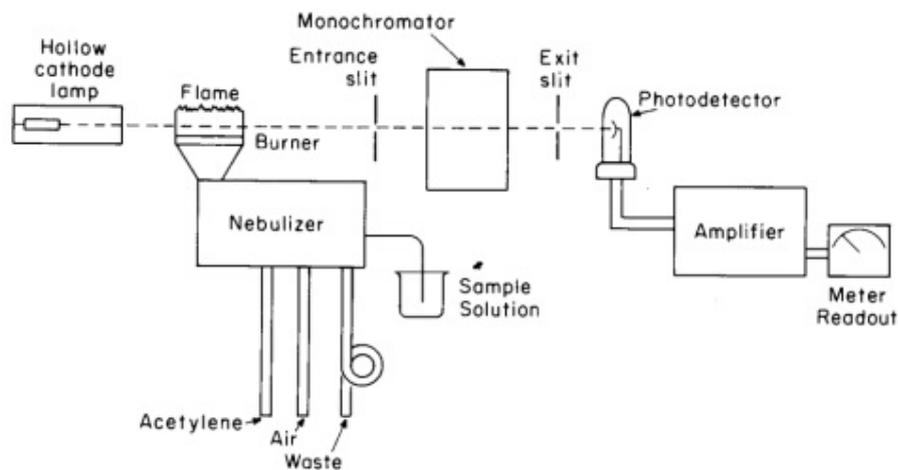
Gambar 8. Prinsip Kerja SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Atom terionisasi dapat bersantai transisi elektron shell-ke-shell, yang mengakibatkan baik emisi X-ray atau elektron Auger eaksi. Sinar-X dipancarkan merupakan karakteristik dari unsur-unsur dalam beberapa pM atas sampel.

### 2.10 AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam AAS, atom bebas

berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Khopkar, 1990).



Sumber : Khopkar, 1990

Gambar 9. Prinsip Kerja AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas, diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisa sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang

berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah terakomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Chopper digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus ( DC ) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Khopkar, 1990).

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen- $N_2O$ , tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas pada tingkat energi dasar (ground state). Disini berlaku hubungan yang dikenal dengan hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara SSA. Hubungan tersebut dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut (Khopkar, 1990).