

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Fly Ash* dari Cangkang Kelapa Sawit

Bahan anorganik sisa pembakaran biomassa terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Ada 2 jenis bahan anorganik yang dihasilkan dari proses pembakaran yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Fly ash* merupakan padatan dari sisa pembakaran yang terbawa bersama gas buang dan ditangkap oleh alat pengendali udara (*Electric Precipitator*) sebelum dibuang ke udara melalui cerobong. Sedangkan *bottom ash* merupakan padatan dari sisa pembakaran biomassa yang keluar dari tungku dasar (Armeyn, 2014).

Cangkang kelapa sawit adalah sejenis bahan bakar yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. Bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar (Telaumbanua, 2017)

Fly Ash merupakan salah satu jenis partikulat yang dapat diklasifikasikan dalam debu. *Fly ash* sawit merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik sawit dari pembakaran cangkang dan sabut. *Fly ash* umumnya dibuang dan tumpuk begitu saja di dalam area industri sehingga menimbulkan masalah bagi lingkungan. Limbah *fly ash* kelapa sawit ini memiliki sifat-sifat fisik ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam cangkang kelapa sawit serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran cangkang dan fiber

kelapa sawit, abu yang dihasilkan memiliki titik leleh yang lebih tinggi dari pada temperatur pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu dengan butiran-butiran yang sangat halus berwarna gelap dan bobot yang lebih ringan dibandingkan abu *bottom ash*. Adapun kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada limbah *fly ash* kelapa sawit yaitu silika (SiO_2) sebesar 63,4 %, (Fe_2O_3) sebesar 63,4 %, kalsium oksida (CaO) sebesar 4,3 %, magnesium oksida (MgO) sebesar 3,7 %, (K_2O) sebesar 6,3 %, (SO_3) sebesar 0,9 %, (Al_2O_3) sebesar 5,5 % dan (LOI) sebesar 6,0 % (Telaumbanua, 2017).

Komposisi kimia yang terkandung dalam abu cangkang kelapa sawit hasil pembakaran. Pada bahan bakar cangkang ini terdapat kalium (K) sebesar 7,5 %, natrium (Na) sebesar 1,1, kalsium (Ca) 1,5 %, klor (Cl) sebesar 2,8 %, karbonat (CO_3) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika sebesar 61 %. (Telaumbanua, 2017).

Abu cangkang kelapa sawit dimanfaatkan berbagai bidang misalnya sebagai bahan tambahan pengganti semen dalam desain beton mutu tinggi, bahan pengisi (*Filler*) dan lapisan perkerasan jalan raya, bahan stabilisasi tanah lempung dan dasar pada lapisan jalan raya, bahan tambah pengganti semen dalam campuran material paving blok serta juga merupakan bahan material yang bersifat pozzolom (Sarifah & Pasaribu, 2017).

2.2 Silika

Silika merupakan serangkaian mineral yang terdiri oleh satu atom silikon (Si) dan dua atom oksigen (O_2). Oksigen (O_2) adalah bagian yang paling banyak di permukaan bumi ini, sedangkan silika merupakan bagian terbanyak kedua yang tersedia pada permukaan bumi. Pada silika terkandung gugus silanol (gugus OH) sehingga lebih *hydrous*. Selain itu silika juga mempunyai luas permukaan yang cukup tinggi, yang dapat diaplikasikan sebagai adsorben (Elma dkk, 2019). Silika dapat diperoleh dari bahan alam dengan menggunakan metode ekstraksi. Tujuan dari metode ini adalah memisahkan zat-zat yang terlarut antara dua cairan yang tidak slaingmencampur (Adziimaa dkk, 2013).

Silika terdiri dari berbagai bentuk yaitu: silika kristalin, silika mikrokristalin, silika *viterous (supercooled liquid glesses)*, dan silika amorf. Berdasarkan struktur molekulnya silika dibagi menjadi dua bagian yaitu: silika kristalin dan silika amorf. Silika kristalin adalah silika yang susunan molekulnya membentuk pola tertentu (kristal) sedangkan silika amorf adalah silika yang susunan molekulnya tidak teratur. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintetisnya berupa amorf. Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau dari pereaksi silan. Sifat-sifat fisika dari silika dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Fisika Silika

Sifat Fisika	Keterangan
Nama IUPAC	Silikon dioksida
Nama lain	Kuarsa, silika, silikat dioksida, silicon oksida
Rumus molekul	SiO ₂
Massa molar	60,08 gr/mol
Penampilan	Kristal transparan
Titik lebur	1.600-1.725°C
Titik didih	2.230°C

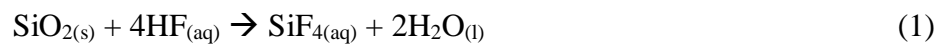
Sumber : (Academia, 2009)

Adapun sifat kimia dari silika yaitu:

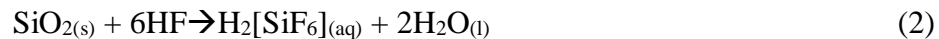
Mineral silika mempunyai berbagai sifat kimia antara lain sebagai berikut:

a. Reaksi Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofluorida dan asam fosfat (Vogel, 1985).

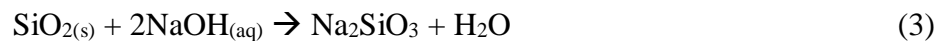


Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



b. Reaksi Basa

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



Silika dikenal mempunyai sifat fisik yang sangat baik. Hal ini terkait dengan sifat pori, kuat mekanis dan stabilitasnya yang sangat tinggi di alam. Namun untuk tujuan tertentu pemanfaatan membran silika dalam bentuk membrane mempunyai kelemahan terkait dengan sifatnya yang getas dan mudah patah sehingga relatif sulit diubah menjadi bentuk film. Dalam bentuk ini membrane, silika dapat dikomposisikan dengan material-material lain untuk meningkatkan sifat plastisnya. Bentuk komposit yang umum adalah menggabungkan polimer

anorganik-organik antara silika dengan PVA dan PEG (Shofiyani & Sukirno, 2017).

Campuran PVA dan PEG merupakan polimer yang biasa dimanfaatkan sebagai pembentuk membrane karena memiliki kemampuan membentuk film, ketahanan mekanik, perekat yang baik, fleksibilitas tinggi, serta kemampuan tarik yang baik. Namun, PVA memiliki kelemahan yakni stabilitas yang rendah terhadap air sehingga sifat hidrofilitasnya relative tinggi. Akibatnya, membrane PVA memiliki sifat yang mudah mengembang (swelling) sehingga menurunkan kinerjanya (Nasrullah, 2015). Kombinasi antara silika dan PVA/PEG diharapkan memberikan karakteristik membrane dengan stabilitas tinggi, sifat mekanik yang baik dan permeabilitas serta selektivitas yang baik terhadap suatu jenis polutan dalam air (Shofiyani & Sukirno, 2017).

2.3 Membran

Membran berasal dari bahasa latin "*membrab*" 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, 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 yang dilewati oleh suatu spesi dinyatakan dengan koefisien *permeabilitas*.

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran yang lebih besar dari por-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 dkk, 2010)

Membran silika merupakan membran yang terbuat dari silika dengan perekat *vinyl alcohol* (PVA), pengemulsi poly ethylen (PEG), dan semen putih. Membran silikat padat merupakan membran yang terbuat dari silika. Silika dapat ditemukan didalam *fly ash* cangkang kelapa sawit. Silika dapat diambil dengan cara ekstraksi. Bahan aktivator untuk mengikat silika biasanya memakai NaOH dan HCl.

Faktor yang mempengaruhi kinerja membran yaitu :

- Ukuran membran
Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran.
- Bentuk membran
Membran dapat dibuat dalam berbagai bentuk, seperti bentuk datar, bentuk tabung, dan bentuk serat berongga.
- Bahan membran
Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.
- Karakteristik membran
Karakteristik larutan ini akan memberi pengaruh terhadap permeabilitas membran
- Parameter operasional
Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur, dan konsentrasi.

Kinerja suatu membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi. Fluks adalah volume permeat yang diperoleh dari proses pengaplikasian membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan dari membran.

2.3.1. Penentuan Fluks

Fluks atau laju permeasi adalah laju alir volumetric suatu larutan melalui membran per satuan luas permukaan membran per satuan waktu (Lindu dkk, 2011). Rata-rata nilai laju alir hasil pemisahan dinyatakan sebagai fluks (Juniarzadinata, 2011), Secara sistematis fluks dirumuskan sebagai :

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (8)$$

$$J = \text{Fluks (L/m}^2\text{.jam)}$$

- V = Volume permeat (L)
 A = Luas permukaan membrane (m²)
 t = waktu (jam)

penentuan fluks dilakukan dengan dilakukan dengan mengalirkan air murni(Lindu dkk, 2011).

2.3.2. Rejeksi

Tahap untuk mengetahui kinerja membrane terhadap pemisahan air umpan. Kinerja pemisahan membrane diuji dengan cara menentukan nilai fluks (J) dan rejeksi (R). Nilai koefisien rejeksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

- R = Koefisien rejeksi (%)
 C_p = Konsentrasi *permeat*
 C_f = Konsentrasi *feed*

Laju fluks akan menurun disetiap waktu pengaplikasian akibat pengendapan atau pelekatan material pada permukaan membran atau disebut juga dengan fouling membran. Fouling dapat diartikan juga proses terbentuknya lapisan oleh material yang tidak diinginkan pada permukaan membran sehingga mengakibatkan penurunan produktivitas membran selama proses pengaplikasian. Fouling terjadi diawali dengan adanya polarisasi konsentrasi yaitu peningkatan konsentrasi lokal dari suatu solute pada permukaan membran, sehingga material terlarut berkumpul membentuk lapisan gel yang semakin lama menebal. Mekanisme fouling ada 3 yaitu adsorpsi dimana diameter dari foulant akan masuk kedalam pori-pori pada membran. blockage terjadi ketika diameter dari foulant sama besarnya dengan besar dari pori-pori membran, partikel dari foulant akan menutup secara total maupun parsial. Deposisi terjadi ketika diameter foulant lebih besar dari pada pori pori membrane sehingga membentuk lapisan pada permukaan membran.

2.4 Adsorpsi

Sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Dinamakan proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap (sorban), sedangkan dinamakan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai didalam partikel penyerap (Handayani, 2009). Adsorpsi merupakan peristiwa pengikatan molekul dalam fluida ke permukaan padatan. Molekul akan terakumulasi pada batas muka padatan –fluida. Berdasarkan kuat interaksinya, adsorpsi dibagi menjadi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Yustinah dkk, 2019). Mekanisme adsorpsi digambarkan sebagai proses dimana molekul yang semula ada pada larutan, menempel pada permukaan zat adsorben secara fisika. Suatu molekul dapat teradsorpsi jika gaya adhesi antara molekul adsorbat dengan molekul adsorben lebih besar disbanding dengan gaya kohesi ada masing-masing molekul ini. Proses adsorpsi biasanya dilakukan untuk mengurangi senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair, sehingga limbah cair dapat dimurnikan (Wijayanti & Kurniawati, 2019).

Dalam proses pengolahan air, karbon aktif banyak digunakan untuk menghilangkan kandungan zat-zat yang tidak dapat dibersihkan atau dihilangkan dengan teknik pengolahan biasa seperti koagulasi, flokulasi, dan pengendapan. Polutan di dalam air yang tidak dapat dihilangkan dengan cara pengolahan air biasa antara lain adalah bau, detergen, senyawa fenol, zat warna organik, ammonia dan zat-zat organik lainnya. Proses adsorpsi dioperasikan berdasarkan kemampuan suatu padatan (adsorben) untuk mengkonsentrasikan suatu zat tertentu (adsorbat) dari suatu campuran (larutan atau gas) pada permukaannya. Oleh karena itu, secara umum proses adsorpsi merupakan peristiwa perpindahan suatu zat dari fasa fluida ke fasa padatan. Fluida yang terlibat dalam proses adsorpsi dapat berupa gas ataupun cairan. (Telaumbanua, 2017).

2.4.1. Tipe-Tipe Adsorpsi

a. Adsorpsi Fisika (*Physical Adsorption*)

Adsorpsi fisika, atau biasa juga diketahui sebagai adsorpsi *van der Waals*, merupakan adsorpsi yang dapat berlangsung secara reversibel (bolak-balik), hal

ini disebabkan karena gaya intermolekular yang terjadi antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika fasa gas, dapat dikatakan bahwa proses ini mirip dengan kondensasi. Gaya menarik dari molekul pada fluida ke permukaan relatif lemah, dan kalor yang terlibat selama proses adsorpsi eksotermal sama besar dengan kalor untuk kondensasi yaitu sekitar $0.5-5 \text{ kkal g}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Kesetimbangan antara permukaan adsorben dan zat terlarut akan sangat mudah dicapai, karena energi yang terlibat kecil. Untuk reaksi dari atom atau radikal bebas biasanya melibatkan energi aktivasi yang kecil, sehingga yang berperan adalah adsorpsi fisika. Adsorpsi fisika juga berfungsi untuk mengkonsentrasikan suatu zat pada permukaan suatu padatan (Telaumbanua, 2017).

b. Adsorpsi Kimia (Chemisorption)

Adsorpsi kimia atau biasa dikenal dengan *chemisorption*, merupakan hasil dari interaksi (ikatan) kimia antara adsorben dengan adsorbat. Kekuatan pada ikatan kimia biasanya bervariasi, akan tetapi ikatan kimia pada permukaan biasanya jauh lebih kuat daripada yang terjadi pada adsorpsi fisika. Kalor yang dilibatkan pada proses adsorpsi kimia juga biasanya besar. Proses adsorpsi kimia biasanya berlangsung secara irreversible, dan proses desorpsi dari komponen sebenarnya seringkali terjadi setelah mengalami perubahan (reaksi) kimia. Bahan yang sama pada temperatur rendah umumnya hanya akan menjalani adsorpsi fisika pada adsorben, namun terkadang ketika pada temperatur tinggi akan terjadi proses adsorpsi kimia, dan kedua fenomena tersebut dapat berjalan bersamaan (Telaumbanua, 2017).

c. Kinetika Adsorpsi

Model kinetika reaksi dapat digunakan untuk mengolah data dalam penanganan limbah cair dengan adsorpsi untuk menentukan variabel yang terlibat dalam adsorpsi dan mekanisme adsorpsi yang terjadi. Model kinetika adsorpsi juga diperlukan untuk memprediksikan kecepatan perpindahan adsorbat dari larutan ke adsorben yang dirancang (Kurniawati dkk, 2016)

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Karakteristik kemampuan penyerapan adsorben terhadap adsorbat dapat dilihat dari laju adsorpsinya. Laju adsorpsi dapat diketahui dari konstanta laju adsorpsi (k) dan orde reaksi yang dihasilkan dari suatu model kinetika adsorpsi (Hafiyah, 2013). Model kinetika pseudo order satu diturunkan berdasarkan persamaan laju reaksi Lagergren. Pada 1898, Lagergren pertama kali memperkenalkan persamaan untuk adsorpsi cair-padat berdasarkan kapasitas padatan (Ho, 2004). Model kinetika Pseudo orde satu dinyatakan oleh persamaan (Ho, 2004) :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (\text{Pseudo orde 1}) \quad (4)$$

Model kinetika reaksi orde 1 dan orde 2 masing-masing parameter dihitung dengan menggunakan grafik $\ln C_e$ terhadap t dan $(1/C_e)$ terhadap t , Model yang sesuai dengan hasil penelitian adalah model kinetika dengan harga R^2 paling tinggi (Anggriani dkk, 2021). Adsorpsi suatu adsorbat pada keadaan setimbang dan isothermal sering dinyatakan dengan persamaan empiris Langmuir, Freundlich, sebagai berikut : (Yustinah dkk, 2019).

Persamaan pada model Langmuir (Rahayu dkk, 2021) :

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (6)$$

Persamaan pada model Freundlich (Rahayu dkk, 2021) :

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (7)$$

Dimana, q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), q_m adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g) C_e adalah konsentrasi adsorbat sisa/setimbang (ppm), K_L , K_F dan berurutan merupakan konstanta Langmuir, Freundlich, (Rahayu dkk, 2021).