

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lumpur Limbah (*Sludge*)

Sludge merupakan lumpur yang banyak mengandung padatan yang diperoleh dari hasil proses pemisahan padat-cair dari limbah industri. Pada proses pengolahan air limbah terdapat dua jenis *sludge* yaitu *sludge* organik yang berasal dari kolam pengendap awal (primary settling tank) dan kolam pengendap akhir (secondary settling tank). *Sludge* dari primary settling tank disebut primary *sludge* yang merupakan endapan padatan yang ikut mengalir bersama air limbah, sedangkan *sludge* dari secondary settling tank disebut secondary *sludge*, merupakan endapan mikroba sisa yang dibuang dari unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (*Wastewater Treatment Plant*). Lumpur yang dihasilkan pada proses pengolahan limbah ini akan menimbulkan masalah baru didalam penanganannya karena dapat mencemari lingkungan. Pada umumnya penanganan lumpur bermacam-macam prosedur, seperti pembakaran, land filling, digunakan sebagai pupuk atau bahan dasar pupuk dan pembuangan ke laut (Cahyadi, 2016).

2.2 Dewatering

Istilah lain untuk *dewatering* (pengeringan lumpur) adalah *sludge thickening*, tujuannya adalah untuk memusatkan lumpur dan menjadikannya sekering mungkin secara ekonomis untuk keperluan pasca pengolahan dan pembuangan. Terdapat teknik mekanik dan termal untuk mencapai proses ini, diantara proses mekanis yang digunakan untuk mengeringkan lumpur adalah *belt filter* dan *drum filters* (teknologi vakum), *pressure filter press*, dan sentrifugasi (Chereminnoff, 2002). *Dewatering* lumpur adalah proses yang sangat diperlukan dalam pengelolaan lumpur secara mekanis, yang meliputi penyaringan dan sentrifugasi. Pengeringan mekanis penting dalam mengurangi volume lumpur sebelum pembuangan pengeringan lumpur lebih lanjut karena pengaruh yang cukup besar dari lokasi dan iklim terhadap pengeringan alami dan konsumsi energi yang tinggi selama pengeringan buatan. Namun, pengeringan mekanis lumpur secara langsung tanpa perlakuan awal tidak dapat mencapai efek pengeringan yang ideal, dan kadar air lumpur setelah pengeringan mekanis hanya dapat mencapai 80% -98% (Bennamoun, 2012). Dilakukan stabilisasi kimia sebelum adanya perlakuan mekanis, yaitu suatu proses di mana matriks lumpur diperlakukan dengan bahan kimia dalam berbagai cara untuk menstabilkan padatan lumpur. Dua metode umum yang digunakan adalah stabilisasi kapur dan penggunaan klorin. Proses stabilisasi kapur dapat digunakan untuk pengolahan primer, limbah yang diaktivasi, septage dan lumpur yang dicerna secara anaerob. Prosesnya melibatkan

pencampuran sejumlah besar kapur dengan lumpur untuk meningkatkan pH campuran menjadi 12 atau lebih. Proses ini biasanya dapat mengurangi bahaya dan bau bakteri hingga nilai yang sesuai standar, meningkatkan kinerja filter vakum dan menyediakan solusi yang baik untuk menstabilkan lumpur sebelum pembuangan akhir (Chereminoff, 2002).

2.3 Pengondisian lumpur dengan bahan kimia

Conditioning (pengondisian lumpur) adalah proses dimana padatan lumpur diolah dengan bahan kimia atau berbagai cara lain untuk mempersiapkan lumpur untuk proses penyaringan. Proses stabilisasi lumpur idealnya dimaksudkan untuk mengurangi kebusukan, mengurangi massa, dan meningkatkan karakteristik perawatan seperti daya tahan air. Pengondisian kimia (*sludge conditioning*) dapat menghasilkan penyaringan lumpur yang lebih baik dan lebih ekonomis dengan filter vakum atau sentrifugal. Banyak bahan kimia telah digunakan seperti asam sulfat, tawas, tembaga terklorinasi, besi sulfat, dan besi klorida dengan atau tanpa kapur, dan lainnya. Penambahan bahan kimia ke dalam lumpur dapat menurunkan atau menaikkan nilai pH ke titik di mana partikel kecil akan menggumpal menjadi yang lebih besar dan air dalam padatan lumpur lebih mudah terpisah. Lumpur yang berbeda seperti lumpur primer, lumpur sekunder dan lumpur yang berbeda dari jenis yang sama memiliki nilai pH optimum yang berbeda yang harus ditentukan untuk setiap lumpur. Pencampuran lumpur dan koagulan sangat penting untuk pengondisian yang tepat (Chereminoff, 2002).

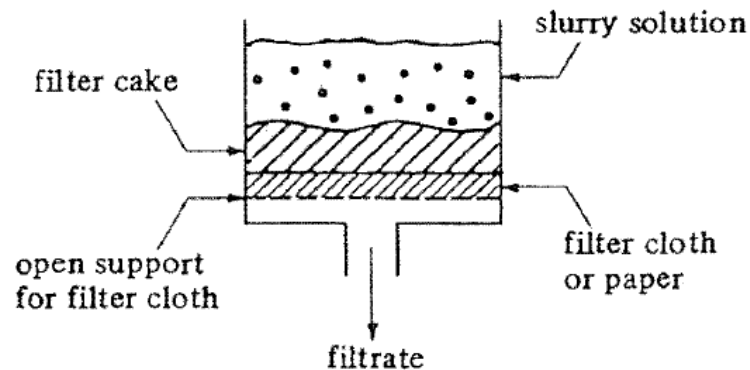
2.4 Filtrasi

2.4.1 Filtrasi (Penyaringan)

Filtrasi (penyaringan) adalah proses pemisahan partikel zat padat dari fluida dengan jalan melewati fluida tersebut melalui suatu medium penyaring. Dalam proses filtrasi, partikel padatan yang tersuspensi dalam cairan dapat dipisahkan dengan menggunakan medium berpori yang dapat menahan partikel tersebut dan dapat dilewati oleh filtrat yang jernih. Medium berpori ini biasa disebut filter media. Partikel padat dapat berukuran sangat kecil atau lebih besar, dan bentuknya beraneka ragam, dapat berbentuk bola ataupun tak beraturan. Produk yang diinginkan dapat berupa filtrat yang jernih ataupun cake. Slurry yang difiltrasi mungkin mengandung partikel padatan dalam jumlah sedikit atau banyak. Jika konsentrasi padatan dalam *slurry* kecil, filter dapat beroperasi dalam waktu yang lebih lama.

Perbedaan peralatan filtrasi industri dari peralatan filtrasi laboratorium hanya berbeda jumlah material yang ditangani dan pada biaya keperluan operasi. Gambaran peralatan filtrasi laboratorium ditunjukkan pada Gambar.1, yang mirip dengan Corong buchner. Cairan akan

mengalir melalui kain saring atau kertas oleh ruang hampa di ujung keluaran. *Slurry* terdiri dari cairan dan partikel tersuspensi. Bagian partikel terhalang oleh lubang kecil di pori-pori kain saring. Dengan dukungan lubang yang relatif besar digunakan untuk menahan kain saring. Partikel padat terbentuk pada cake filter selama proses filtrasi berlangsung. Cake ini sendiri juga berfungsi sebagai filter untuk partikel yang tersuspensi. Saat cake menumpuk, resistensi terhadap aliran juga meningkat (Geankoplis, 1983).



Gambar 1. Alat filtrasi laboratorium sederhana (Geankoplis, 1993)

2.4.2 Jenis Alat Filtrasi

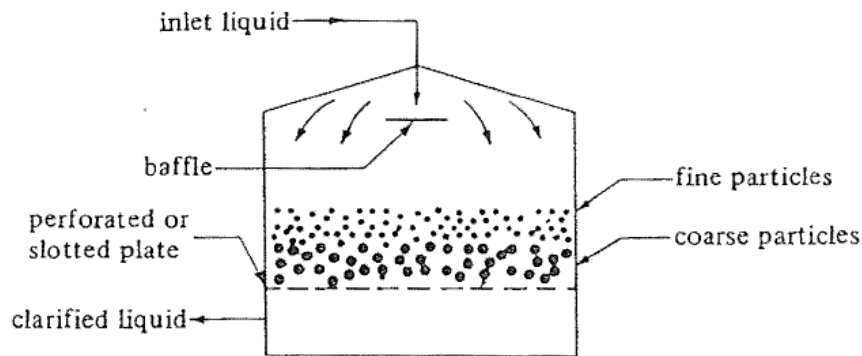
Ada beberapa cara untuk mengklasifikasikan jenis peralatan filtrasi dan tidak mungkin untuk membuat klasifikasi sederhana yang mencakup semua jenis filter. Dalam salah satu klasifikasi, filter diklasifikasikan menurut apakah *cake* adalah produk yang diinginkan atau apakah filtrat yang diinginkan. Dalam kedua kasus itu *slurry* dapat memiliki persentase padatan yang relatif besar sehingga *cake* terbentuk atau hanya partikel tersuspensi saja yang dihasilkan. Filter dapat diklasifikasikan berdasarkan siklus operasi. Filter dapat dioperasikan sebagai batch, di mana *cake* dibersihkan setelah dijalankan, atau dioperasikan secara continuous. Dalam klasifikasi lain, filter dapat dari jenis gravitasi, di mana cairan hanya mengalir oleh *hydrostatic head*, atau tekanan atau vakum dapat digunakan untuk meningkatkan laju aliran (Geankoplis, 1993).

2.4.2.1 *Bed filter*

Jenis filter paling sederhana adalah filter bed yang ditunjukkan secara skematis pada Gambar.2. Jenis ini berguna terutama dalam kasus-kasus di mana sejumlah kecil padatan harus dihilangkan dari sejumlah besar air dalam menyaring cairan. Seringkali lapisan bawah terdiri dari potongan kasar kerikil yang diletakkan di atas pelat berlubang. Di atas kerikil adalah pasir

halus, yang bertindak sebagai media filter yang sebenarnya. Air dimasukkan di bagian atas ke baffel yang menyebarkan air keluar. Cairan yang disaring dikeluarkan di bagian bawah.

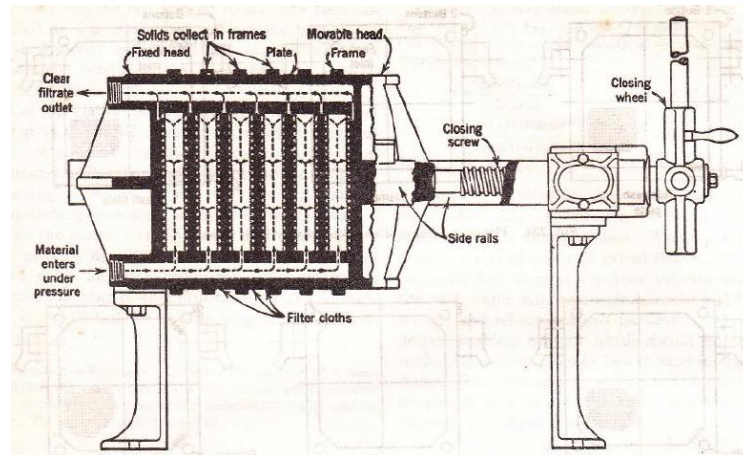
Filtrasi berlanjut sampai endapan partikel yang disaring telah menyumbat pasir sehingga laju aliran menurun. Kemudian aliran dihentikan dan air dimasukkan secara berlawanan sehingga mengalir ke atas, kembali mencuci bed dan membawa padatan yang diendapkan. Peralatan ini hanya dapat digunakan pada endapan yang tidak menempel kuat pada pasir dan dapat dengan mudah dilepaskan dengan *backwash* (Geankoplis, 1993).



Gambar 2. *Bed Filter* (Geankoplis, 1993)

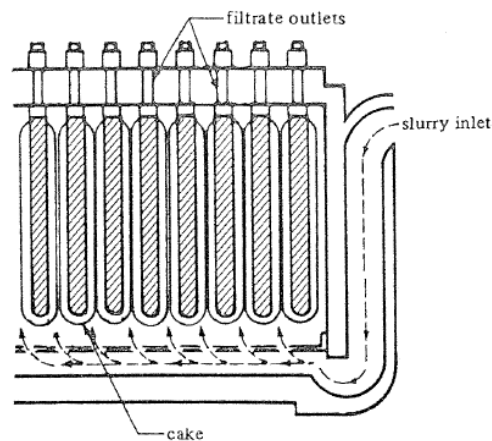
2.4.2.2 Plate and Frame filter press

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Plate and frame filter press banyak digunakan di industri makanan, misalnya industri minyak. Ada beberapa macam tipe filter press, seperti washing, non washing, open delivery, dan closed delivery. Keuntungan dari plate and frame filter press yaitu dapat langsung melihat hasil penyaringan yaitu keruh atau jernih, dapat digunakan pada tekanan yang tinggi, penambahan kapasitas mudah cukup dengan menambah jumlah plate dan frame tanpa menambah unit filter press, dapat digunakan untuk penyaringan larutan yang mempunyai viskositas yang tinggi, dan dapat dipakai untuk penyaringan larutan yang mengandung kadar koloid (kotoran) relatif rendah. Sedangkan kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan tenaga kerja yang dibutuhkan banyak karena dibutuhkan untuk membongkar dan memasang filter, selain itu membutuhkan waktu yang lama (Geankoplis, 1993).



Gambar 3. *Plate and Frame filter press* (Brown, 1896)

2.4.2.3 Leaf Filters



Gambar 4. *Leaf Filters* (Geankoplis, 1993)

Filter ini berguna untuk banyak tujuan tetapi tidak ekonomis untuk menangani sejumlah besar lumpur atau untuk mencuci secara efisien dengan sejumlah kecil air cuci. Air pencuci sering terikut dalam cake dan diperlukan air pencuci dalam volume besar yang besar. Setiap daun adalah kerangka kawat berlubang yang ditutupi oleh karung kain saring. Filter daun memiliki kerugian pada operasi batch. Mereka dapat diotomatiskan untuk siklus penyaringan, pencucian, dan pembersihan. Namun, filter ini masih bersifat siklus dan digunakan untuk proses batch dan proses throughput yang relatif sederhana (Geankoplis, 1993).

2.4.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi

Dalam proses filtrasi terjadi reaksi kimia dan fisika, sehingga banyak faktor yang saling berkaitan yang akan mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi, efisiensinya, dan sebagainya. Faktor-faktor tersebut adalah debit filtrasi, kedalaman media, ukuran dan material, konsentrasi kekeruhan, tinggi muka air, kehilangan tekanan, dan temperatur.

1. Debit Filtrasi

Debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media pasir. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air yang akan disaring.

2. Konsentrasi kekeruhan

Konsentrasi kekeruhan sangat mempengaruhi efisiensi dari filtrasi. Konsentrasi kekeruhan air baku yang sangat tinggi akan menyebabkan tersumbatnya lubang pori dari media atau akan terjadi clogging. Sehingga dalam melakukan filtrasi sering dibatasi seberapa besar konsentrasi kekeruhan dari air baku (konsentrasi air influen) yang boleh masuk. Jika konsentrasi kekeruhan terlalu tinggi, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu, seperti misalnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi.

3. Temperatur

Adanya perubahan suhu atau temperatur dari air yang akan difiltrasi menyebabkan massa jenis (densitas), viskositas absolute, dan viskositas kinematis dari air akan mengalami perubahan. Selain itu juga akan mempengaruhi daya tarik menarik diantara partikel halus penyebab kekeruhan, sehingga terjadi perbedaan dalam ukuran besar partikel yang akan disaring. Akibat ini juga akan mempengaruhi daya adsorpsi. Akibat dari keduanya ini, akan mempengaruhi terhadap efisiensi daya saring filter.

4. Kedalaman media, ukuran, dan material

Tebal tipisnya media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Sebaliknya media yang terlalu tipis selain memiliki waktu pengaliran yang pendek, kemungkinan juga memiliki daya saring yang rendah. Demikian pula dengan ukuran besar kecilnya diameter butira media filtrasi berpengaruh pada porositas, laju filtrasi, dan juga kemampuan daya saring, baik itu omposisinya, proporsinya, maupun bentuk susunan dari diameter butiran media. Keadaan media yang terlalu kasar atau terlalu halus akan menimbulkan variasi dalam ukuran rongga antar butir. Ukuran pori sendiri menentukan besarnya tingkat porositas dan kemampuan menyaring partikel halus yang terdapat dalam air baku. Lubang pori yang terlalu besar akan meningkatkan rate dari filtrasi dan juga akan menyebabkan lolosnya partikel halus yang akan disaring. Sebaliknya lubang pori yang terlalu halus akan meningkatkan kemampuan menyaring partikel dan juga dapat menyebabkan clogging (penyumbatan lubang pori oleh partikel halus yang tertahan) terlalu cepat.

5. Tinggi muka air diatas media dan kehilangan tekanan

Keadaan tinggi muka air di atas media berpengaruh terhadap besarnya debit atau laju filtrasi dalam media. Tersedianya muka air yang cukup tinggi diatas media akan meningkatkan daya tekan air untuk masuk kedalam pori. Dengan muka air yang tinggi akan meningkatkan laju filtrasi (bila filter dalam keadaan bersih). Muka air diatas media akan naik bila lubang pori tersumbat (terjadi clogging) terjadi pada saat filter kotor. Untuk melewati lubang pori, dibutuhkan aliran yang memiliki tekanan yang cukup. Besarnya tekanan air yang ada diatas media dengan yang ada didasar media akan berbeda di saat proses filtrasi berlangsung. Perbedaan inilah yang sering disebut dengan kehilangan tekanan (headloss). Kehilangan tekanan akan meningkat atau bertambah besar pada saat filter semakin kotor atau telah dioperasikan selama beberapa waktu (Dorby, 2001).

2.5 Plate and Frame Filter Press

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk cake pada kain saring, filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar. Filtrasi terus dilakukan hingga frame dipenuhi padatan. Kebanyakan filter memiliki saluran pengeluaran yang terpisah untuk tiap frame sehingga dapat dilihat apakah filtrat jernih atau tidak.

Plate and rame filter press banyak digunakan di industri makanan, misalnya industri minyak. Ada beberapa macam tipe filter press, seperti washing, non washing, open delivery, dan closed delivery. Keuntungan dari plate and frame filter press yaitu pekerjaannya mudah hanya memerlukan tenaga terlatih biasa karena cara operasi alatnya sederhana, dapat langsung melihat hasil penyaringan yaitu keruh atau jernih, dapat digunakan pada tekanan yang tinggi, penambahan kapasitas mudah cukup dengan menambah jumlah plate dan frame tanpa menambah unit filter press, dapat digunakan untuk penyaringan larutan yang mempunyai viskositas yang tinggi, dan dapat dipakai untuk penyaringan larutan yang mengandung kadar koloid (kotoran) relatif rendah. Sedangkan kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan operasinya tidak kontinyu pada jenis batch. Kerugian lain dari plate and frame filter press adalah tenaga kerja yang dibutuhkan banyak karena dibutuhkan untuk membongkar dan memasang filter, selain itu membutuhkan waktu yang lama (Geankoplis, 1983).

2.6 Pengoperasian *Plate and Frame Filter Press*

Pada filter ini, filter cloth menutupi tiap sisi dari tiap plate, kemudian ditahan bersama-sama menjadi satu dengan tenaga mekanis dengan memakai suatu screw atau hidrolis. Cake kadang dicuci untuk membersihkannya dari solven dan impurities yang menempel pada cake. Sistem yang demikian disebut open-delivery. Plate memiliki saluran yang melewati filter cloth sehingga cairan filtrat yang bersih menuruni plate. Slurry dipompa masuk dan mengalir melalui saluran ke frame yang terbuka sehingga slurry mengisi frame. Filtrat akan melalui filter cloth dan padatan membentuk cake di sisi frame pada filter cloth. Filtrat mengalir di antara filter cloth dan permukaan plate ke arah saluran keluar. Proses filtrasi berlangsung sampai frame dipenuhi dengan padatan. Ketika frame sudah penuh dengan padatan, plate dan frame dipisahkan, dan cake dipindahkan. Kemudian filter dirangkai lagi dan proses dilakukan lagi. Apabila cake tidak dicuci, sistemnya dikenal sebagai closed-delivery (Geankoplis, 1983).

2.7 *Pressure Drop*

Filtrasi adalah contoh khusus dari aliran melalui media berpori, untuk kasus-kasus di mana hambatan mengalir adalah konstan. Dalam penyaringan, resistensi aliran meningkat dengan waktu sebagai media filter menjadi tersumbat atau cake filter menumpuk. Jumlah utama yang menarik adalah laju aliran melalui filter dan penurunan tekanan (*pressure drop*) di seluruh unit. Seiring berjalannya waktu selama penyaringan, laju aliran berkurang atau penurunan tekanan (*pressure drop*) meningkat. dalam apa yang disebut filtrasi tekanan konstan (*constant-pressure filtration*), penurunan tekanan dipertahankan konstan dan laju aliran memungkinkan untuk turun seiring waktu lebih jarang, penurunan tekanan semakin meningkat untuk memberikan apa yang disebut filtrasi laju konstan (*constant-rate filtration*).

Dalam penyaringan cake, cairan melewati dua resistensi secara seri, yaitu dari cake dan dari media filter. Resistensi filter-media, yang merupakan satu-satunya resistensi dalam mengklarifikasi filter, biasanya hanya penting selama tahap awal penyaringan cake. Resistensi cake adalah nol di awal dan meningkat dengan waktu sebagai hasil penyaringan. Jika cake dicuci setelah disaring, kedua resistensi konstan selama periode mencuci dan media filter biasanya diabaikan.

Untuk penurunan tekanan (*pressure drop*) secara keseluruhan setiap saat adalah jumlah dari tekanan turun di atas media dan cake. Jika P_a adalah tekanan inlet, P_b adalah tekanan outlet, dan P' adalah tekanan pada batas antara cake dan medium, maka (McCabe, 1993):

$$\Delta P = P_a - P_b = (P_a - P') + (P' - P_b) = \Delta P_c + \Delta P_m$$

Dimana :

ΔP = Penurunan tekanan keseluruhan

ΔP_c = Penurunan tekanan cake

ΔP_m = Penurunan tekanan di atas media