

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Limbah**

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik dan Senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Widjajanti, 2009, menyatakan bahwa karakteristik limbah dipengaruhi oleh ukuran partikel (mikro), sifatnya dinamis, penyebarannya luas dan berdampak panjang atau lama. Sedangkan kualitas limbah dipengaruhi oleh volume limbah, kandungan bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah. Berdasarkan karakteristiknya, limbah dapat digolongkan menjadi 4 yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Untuk mengatasi limbah diperlukan pengolahan dan penanganan limbah. Pada dasarnya pengolahan limbah ini dapat dibedakan menjadi pengolahan menurut tingkatan perlakuan pengolahan serta menurut karakteristik limbah.

Persoalan mendasar penanganan dan pengelolaan limbah yaitu tentang minimnya pengetahuan pelaku usaha, utamanya dari kelompok industri kecil. Hal ini kemudian menjadi pembenar tentang rendahnya kesadaran dari pelaku usaha industri kecil terhadap manajemen penanganan dan pengelolaan limbah yang airnya akan dialirkan menuju waduk. Persoalan lainnya yang terkait yaitu tidak adanya titik temu antara mereka yang dapat memanfaatkan limbah dengan industri yang menghasilkan limbah. Padahal secara ekonomi sebenarnya semua limbah dapat diolah untuk memberikan manfaat sehingga memberikan nilai dan keuntungan ekonomi, yaitu tidak saja bagi pelaku industri, tetapi juga pihak pihak yang berkepentingan terhadap limbah tersebut (Achillas, 2013).

#### **2.2 Lumpur Waduk**

Menurut Effendi, 2003, lumpur adalah campuran cair atau semi cair antara air dan tanah. Lumpur terbentuk saat tanah basah. Secara geologis, lumpur ialah campuran air dan partikel endapan lumpur dan tanah liat. Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus

dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan generasi sekarang maupun generasi mendatang.

Waduk adalah tampungan yang berfungsi untuk menyimpan air pada waktu kelebihan agar dapat dipakai pada waktu yang diperlukan. Usaha untuk mengatur keluar dan masuknya air pada waduk disebut manajemen air. Hal ini bertujuan agar pengaturan air untuk kebutuhan manusia dapat dilakukan dengan baik. Air yang diatur adalah air hujan atau sungai yang ditampung di waduk, sehingga air dapat disediakan dalam waktu atau tempat yang tepat dalam jumlah yang diperlukan. Fungsi utama waduk yaitu tampungan mati, tampungan efektif, dan tampungan tambahan yang biasanya dimanfaatkan untuk pengendalian banjir (Widyawati, 2018).

## **2.3 Pengolahan Limbah**

### **2.3.1 Pengolahan Limbah secara Fisika**

Menurut Riffat, 2012, proses pengolahan secara fisika merupakan metode pengolahan air limbah dengan cara menghilangkan polutan secara fisika seperti sedimentasi, penyaringan, screening dan lain-lain. Prinsip utama dari pengolahan limbah secara fisika adalah untuk menghilangkan padatan yang tersuspensi pada air. Metode pengolahan secara fisika antara lain sedimentasi dan filtrasi.

### **2.3.2 Pengolahan Limbah secara Biologi**

Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah proses penghancuran atau penghilangan kontaminan dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Riffat, 2012, menjelaskan bahwa tujuan utama pengolahan dengan metode biologi adalah menghilangkan dan mengurangi bahan organik biodegradable dari air limbah ke tingkat yang dapat diterima sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan. Pengolahan secara biologi juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah. Beberapa metode yang digunakan pada proses pengolahan biologis antara lain proses anaerobik, aerobik, bioreaktor, dan lumpur teaktifasi.

### **2.3.3 Pengolahan Limbah secara Kimia**

Proses pengolahan air limbah secara kimia adalah proses yang melibatkan penambahan bahan kimia untuk mengubah atau destruksi kontaminan. Proses pengolahan air limbah secara kimia antara lain dengan menggunakan koagulasi dan adsorpsi (Riffat, 2012).

## **2.4 Koagulasi dan Flokulasi**

### **2.4.1 Koagulasi**

Menurut Manurung, 2009, koagulasi adalah peristiwa destabilisasi dari pada partikel-partikel koloid di mana gaya tolak-menolak (repulsi) di antara partikel-partikel tersebut dikurangi ataupun ditiadakan. Partikel - partikel koloid yang terdapat dalam suatu wadah ataupun aliran air pada dasarnya bermuatan negatif pada permukaannya. Muatan ini menyebabkan gaya tolak-menolak di antara partikel-partikel sehingga menghalangi terjadinya agregasi dari pada partikel-partikel menjadi agregat yang lebih besar. Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Koagulan dapat berupa garam-garam anorganik atau organik. Polimer adalah senyawa-senyawa organik sintetis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil. Koagulan polimer ada yang kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif), atau nonionik (bermuatan netral). Sedangkan koagulan anorganik mencakup bahan-bahan kimia umum berbasis aluminium atau besi. Ketika ditambahkan ke dalam contoh air, koagulan anorganik akan mengurangi alkalinitasnya sehingga pH air akan turun. Koagulan organik pada umumnya tidak mempengaruhi alkalinitas dan pH air. Koagulan anorganik akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada air yang diolah (Gebbie, 2015).

### **2.4.2 Flokulasi**

Flokulasi berasal dari bahasa latin *flokulare* yang artinya membentuk suatu flok yang secara visual menyerupai suatu tumpukan dari wol atau struktur pori- pori yang banyak seratnya. Mekanisme flokulasi dengan polielektrolit adalah dengan cara adsorpsi dan jembatan antar partikel. Manurung, 2009, menyatakan bahwa flokulasi bergantung pada keberadaan senyawa yang bertindak sebagai jembatan di antara partikel-partikel koloid yang menyatukan partikel-partikel tersebut dalam suatu massa yang lebih besar yang disebut jaringan flok. Jadi flokulasi adalah suatu proses pembentukan flok di mana terbentuk agregat atau gumpalan besar yang

dapat dengan mudah dipindahkan dari larutan. Sedangkan flokulan adalah suatu zat atau senyawa yang dapat ditambahkan untuk terjadinya flokulasi. Flokulan biasanya merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi dan membentuk rantai yang cukup panjang untuk mengurangi gaya tolak-menolak di antara partikel-partikel koloid. Bila molekul polimer bersentuhan dengan partikel koloid maka beberapa gugusnya akan teradsorpsi pada permukaan partikel dan sisanya tetap berada dalam partikel. Bila partikel kedua ini terikat pula pada bagian lain dari rantai polimer tersebut maka terjadi kompleks partikel dengan polimernya yang berfungsi sebagai jembatan. Proses flokulasi terdiri dari tiga langkah yaitu :

1. Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat (1 menit : 100 rpm).
2. Pengadukan lambat untuk membentuk flok-flok (15 menit : 20 rpm).
3. Penghapusan flok-flok dengan koloid yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi (15 – 20 menit : 0 rpm).

## 2.5 Poly Aluminium Chloride

Menurut Manurung, 2019, poly aluminium chloride adalah salah satu produk polimer aluminium yang digunakan untuk menetralkan muatan koloid serta membentuk jembatan penghubung di antara koloid-koloid tersebut, sehingga proses koagulasi-flokulasi dapat berlangsung dengan efisien. polialuminium klorida mempunyai rumus molekul  $Al_m(OH)_n(Cl)_p(SO_4)_q$ . Produk ini dikarakterisasi dengan rasio molekuler OH/Al di antara 0,4 dan 0,6 serta stabilitasnya dipertahankan oleh adanya ion sulfat yang dapat menghambat polimerisasi spontan dari pada produk. Pada umumnya polialuminium klorida mempunyai daya koagulasi - flokulasi yang lebih besar dibandingkan dengan garam aluminium yang biasa seperti misalnya tawas. Beberapa keuntungan yang dapat di catat dari penggunaan polialuminium klorida sebagai koagulan-flokulan adalah :

- Efektif pada pH 5 – 10
- Jumlah lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan garam aluminium yang biasa.
- Efek korosi yang ditimbulkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan garam aluminium yang biasa.

## 2.6 Filtrasi

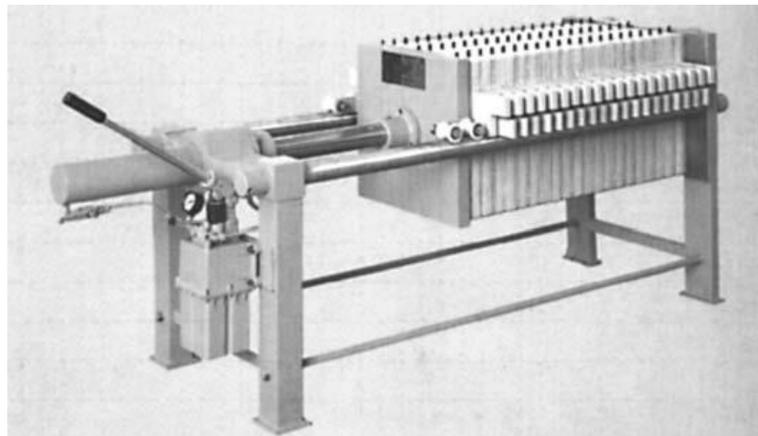
### 2.6.1 Pengertian Filtrasi

Menurut McCabe, 1993, filtrasi adalah suatu proses dimana campuran yang heterogen antara fluida dan partikel - partikel padatan dipisahkan pada media filter atau medium penyaring yang meloloskan fluida tetapi menahan partikel - partikel padatan. Fluida yang difiltrasi dapat berupa cairan atau gas, aliran yang lolos dari saringan mungkin saja cairan, padatan, atau keduanya. Fluida mengalir melalui media penyaring karena perbedaan tekanan yang melalui media tersebut. Penyaring dapat beroperasi pada:

- Tekanan di atas atmosfer pada bagian atas media penyaring,
- Tekanan operasi pada bagian atas media penyaring,
- Vakum pada bagian bawah.

Tekanan di atas atmosfer dapat dilakukan dengan gaya gravitasi pada cairan dalam suatu kolom, dengan menggunakan pompa atau blower, atau dengan gaya sentrifugal. Dalam suatu penyaring gravitasi media penyaring bisa jadi tidak lebih baik daripada saringan (*screen*) kasar atau dengan unggun partikel kasar seperti pasir. Penyaring gravitasi dibatasi penggunaannya dalam industri untuk suatu aliran cairan kristal kasar, penjernihan air minum, dan pengolahan limbah cair.

## 2.7 Plate And Frame Filter Press



Gambar 1. *Plate and frame filter press* (Montgomery, 1985)

Menurut Geankoplis, 1993, plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. 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. 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. Bila filtrat tidak jernih, mungkin disebabkan kain saring rusak atau sebab lainnya. Ketika frame sudah benar – benar terpisah plate dan frame dipisahkan dan cake dihilangkan, lalu filter dipasang lagi dan digunakan.

Teknik ini mulanya digunakan untuk residu hasil industri, namun kini digunakan juga untuk *dewatering* lumpur dari WTP (Water Treatment Plant). Residu dari WTP akan dipompa diantara dua piringan dengan tekanan yang tinggi (350- 1575 kN/m<sup>2</sup>). Air akan melewati filter dan padatan akan tertahan. Tekanan akan bertahan hingga kandungan padatan telah mencapai kadar yang diperlukan (Aldeeb, 2000). Filtrat air tersebut akan memiliki kandungan padatan tersuspensi kurang dari 10 mg/L. Teknik ini memerlukan biaya operasi dan perawatan yang tinggi bila dibandingkan dengan sistem mekanikal *dewatering* lainnya.

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 relatif rendah. Kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan operasinya tidak kontinyu. 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 (Montgomery, 1985).

## **2.8 Pengoperasian Plate and Frame Filter Press**

Pada filtrasi dengan pres filter horizontal, suspensi masuk pada bagian kepala melalui saluran yang terbentuk oleh lubang - lubang di bagian atas plat. Pada press filter bingkai, suspensi mengalir melalui bingkai - bingkai, sedangkan pada press filter kamar, suspensi mengalir di antara plat - plat yang masuk ke dalam ruang filtrasi yang sesungguhnya. Filtrat menerobos kedua sisi kain filter, kemudian mengalir ke belakang kain filter sepanjang alur - alur plat turun ke dalam saluran. Saluran ini terbentuk dari lubang - lubang pada plat. Pada sistem tertutup filtrat keluar di bagian kepala, sedangkan pada sistem terbuka filtrat mengalir dari masing - masing plat melalui sebuah kran atau selang ke dalam saluran terbuka yang terletak di luar alat press. Seringkali cara kerja sistem tertutup maupun sistem terbuka dapat diterapkan pada alat yang

sama dengan memasang saluran pembuangan khusus dan kran bercabang tiga. Keuntungan filtrasi dengan saluran keluar yang terbuka adalah bila suatu kain filter mengalami kerusakan, maka gangguan ini segera dapat diatasi, sedangkan filtrasi dengan pembuangan tertutup sesuai untuk bahan - bahan yang mengandung racun dan berbau menyengat (Cheremisinoff, 1998).

## 2.9 Pressure Drop

Menurut McCabe, 1993, filtrasi adalah contoh khusus dari aliran melalui media berpori, untuk kasus-kasus di mana hambatan untuk 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. *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 :

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

Dimana :

$\Delta P$  = Penurunan tekanan keseluruhan

$\Delta P_c$  = Penurunan tekanan cake

$\Delta P_m$  = Penurunan tekanan di atas media

## 2.10 Penelitian Terdahulu

No	Nama Pengarang dan Judul	Bahan Baku	Metode	Hasil
1.	Ying Qi, Khagendra B. Thapa, Andrew F.A. Hoadley, 2016.  “Benefit of lignite as a filter aid for dewatering of digested sewage sludge demonstrated in pilot scale trials”	Lumpur limbah dari pengolahan air di Victoria, Australia; batu bara lignit; polielektrolit ZETAG7501 dan ZETAG8125.	Filtrasi dengan Plate and Frame Filter Press. Sampel lumpur dalam tangki 120 L dihomogenisasi dengan pengadukan menggunakan mixer tangki terbuka. Flokulasi dilakukan dengan menambahkan larutan polielektrolit 0,2 % dan mempertahankan kecepatan pengadukan 100 rpm. Lignit ditambahkan dalam jumlah 8-10 kg dan dicampur pada kecepatan pengadukan yang lebih lambat selama 60 detik. Kemudian dianalisa SRF.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pengeringan dan kandungan padatan <i>cake</i> meningkat dan SRF berkurang secara efektif karena dosis polielektrolit ditingkatkan menjadi optimal. Untuk dosis polimer 18,8 kg menghasilkan SRF sebesar $9,3 \times 10^{12}$ m/kg sedangkan untuk dosis 24,1 kg menghasilkan SRF $10 \times 10^{12}$ m/kg.
2	Yatnanta Padma Devia, 2009.  “Pengaruh Penambahan Kapur dan Abu Terbang Dalam Laju Pelepasan Air Dari Lumpur Biologis (IPAL SIER)”	Lumpur biologis IPAL SIER Rungkut, Surabaya; abu terbang batu bara kelas C PT. Tjiwi Kimia; kapur teknis; aquades.	Metodenya menggunakan uji solid dan tes ekspresi. Pencampuran lumpur dengan kapur dan abu terbang dengan alat jar stirring. Uji solid untuk memeriksa kandungan TSS dari <i>cake</i> lumpur dengan penambahan bahan lain. Tes ekspresi dengan menggunakan alat <i>triton electronic filter press</i> akan menghasilkan <i>cake</i> lumpur yang diukur waktu pelepasan air dan volume filtrate pada empat variasi tekanan. Analisa yang dilakukan yaitu pH, temperature, TSS dan SRF.	Hasil penelitian yang diperoleh yaitu penambahan kombinasi kapur 100% dan abu terbang 100% dalam lumpur biologis lebih besar pengaruhnya terhadap keefektifan pelepasan air dengan filter press tekanan $4 \text{ kg/cm}^2$ , dibandingkan dengan penambahan kapur saja atau abu terbang saja. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan penurunan nilai SRF 90,48%
3.	Syahrul Ramadhani, Alexander Tunggul Sutanahaji, Bambang Rahadi Widiatmono, 2013.  “Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera Lamk</i> ), Poly Aluminium Chloride (PAC),	Air Sungai Brantas, Oro-oro Dowo, Malang; tepung biji kelor; tepung PAC; serbuk tawas.	Tahap awal yaitu air baku dianalisa turbiditas, warna dan TSS. Kemudian air baku ditambahkan tepung biji kelor 500 mg, PAC 250 mg dan tawas 20 mg/L lalu dilakukan pengadukan menggunakan jar test dengan kecepatan 150 rpm selama 5 menit dan 30 rpm selama 30 menit. Kemudian dilakukan pengendapan dan dilakukan analisa turbiditas, warna, TSS.	Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa koagulan yang paling efektif dalam menjernihkan air adalah PAC, dimana PAC mampu menurunkan turbiditas sebesar 99,95%; kadar warna sebesar 91,73% dan TSS sebesar 55,53%. Tepung biji kelor mampu menurunkan turbiditas sebesar 95,39%; kadar warna sebesar 75,07% dan meningkatkan TSS

	dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih.”			sebesar 170,27%. Tawas mampu menurunkan turbiditas sebesar 93,44%; kadar warna sebesar 87,55% dan TSS sebesar 93,37%.
4.	Muhamad Sahrurmondon, Irene Septiriana, 2015.  “Filtrasi CaCO <sub>3</sub> menggunakan Filter Plate & Frame dengan Variasi Konsentrasi dan Variasi Jumlah Plate & Frame”	Air dan Kapur (CaCO <sub>3</sub> )	Tahap awal percobaan ini dilakukan pencampuran antara air dengan CaCO <sub>3</sub> yang kemudian mengaduknya dan membuka kerangan udara. Menyaring dengan membuka kerangan. Kemudian catat waktu dan volume filtrate yang ditampung. Selanjutnya membongkar alat dan mengambil cake pada frame. Menganalisa kadar air padatan CaCO <sub>3</sub> .	Hasil percobaan dapat diketahui bahwa nilai tahanan cake yang terbaik terdapat pada konsentrasi 1,5% dengan jumlah 2 plate yaitu 4,012 x 10 <sup>14</sup> dan nilai tahanan filter terbaik juga terletak pada konsentrasi 1,5% pada 2 plate yaitu 6,82 x 10 <sup>12</sup> serta efisiensi CaCO <sub>3</sub> dan H <sub>2</sub> O terbesar pada konsentrasi 1% dengan nilai 96,92% dan 91,47%.
5.	Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, M. Yusuf Ritonga, 2013.  “Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.”	Limbah cair industri tahu dan serbuk biji kelor.	Pengambilan limbah cair tahu 3 L dan disimpan di wadah pada suhu 4°C. Beaker gelas masing-masing diisi dengan sampel limbah sebanyak 200 ml. Dilakukan analisa pH, turbiditas, TSS dan COD awal. Kemudian serbuk biji kelor 7% ditambahkan dalam masing-masing beaker gelas sebanyak 2, 3, 4 dan 5 gr/ 200 ml limbah. Kemudian diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 3 menit, 80 rpm selama 12 menit dan endapkan selama 50, 60, 70 menit. Analisa pH, turbiditas, TSS dan COD.	Penambahan koagulan tidak mempengaruhi nilai pH limbah cair industri tahu. Lama pengendapan optimum adalah 60 menit dengan penurunan turbiditas 77,43%; TSS 90,32% dan COD 63,26% pada dosis koagulan 5 g/L; kadar air 7%; pH akhir limbah 4 dan ukuran partikel koagulan 70 mesh. Biji kelor merupakan koagulan yang efektif untuk limbah cair industri tahu karena penurunan kadar turbiditas, TSS dan COD melebihi 50%.
6.	Suci Yuliati, 2006.  “Proses Koagulasi Flokulasi pada Pengolahan Tersier Limbah Cair PT. Capsugel Indonesia.”	Bahan yang digunakan yaitu efluen yang berasal dari bak sedimentasi PT. Capsugel Indonesia, Cibinong, Jawa Barat. Koagulan yang digunakan adalah alum padat, PAC padat, FeCl <sub>3</sub>	Perlakuan dosis kaporit yang diberikan pada tahap ini adalah 5, 10, 15 mg/L. Penggunaan dosis untuk alum sebanyak 15-80 mg/L, dan untuk PAC sebanyak 10-60 mg/L. Penggunaan FeCl <sub>3</sub> sebanyak 50-300 mg/L.	Penggunaan dosis koagulan yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan kekeruhan dan warna pada proses koagulasi – flokulasi dengan menggunakan alum, PAC, dan FeCl <sub>3</sub> . Perbedaan pH memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan kekeruhan

		padat, dan kaporit padat.		dan warna pada proses koagulasi – flokulasi dengan menggunakan alum, PAC, dan FeCl <sub>3</sub> . Interaksi antara perlakuan dosis dan pH memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan kekeruhan pada proses koagulasi – flokulasi dengan menggunakan alum, PAC, dan FeCl <sub>3</sub> .
7.	Citra Kusuma Parahita, 2018.  “Pengaruh Waktu Pengadukan dan Pengambilan Sampel Larutan CaCO <sub>3</sub> 4% terhadap Jumlah Endapan pada Alat Filter Press.”	Air dan CaCO <sub>3</sub>	Proses filtrasi dimulai dengan mengalirkan larutan CaCO <sub>3</sub> melewati rangkaian alat filter press yang terdiri dari 6 frame. Proses filtrasi dilakukan dengan waktu pengambilan dan waktu aduk tetap, sehingga didapat filtrat dan cake. Cake dianalisa beratnya dan kadar air yang hilang dengan cara pemanasan di dalam oven pada suhu tetap 110°C, waktu 40 menit. Berat cake dan air teruapkan terbanyak menunjukkan nomer plate optimum.	Hasil penelitian didapat bahwa frame yang paling optimum menyaring endapan adalah frame pertama, hal ini terjadi karena aliran bahan masuk melalui frame pertama lalu mengalir menuju frame-frame selanjutnya sehingga cake yang tertinggi terdapat di frame pertama dan akan semakin berkurang di frame-frame selanjutnya.
8.	Anwar Fuadi, Munawar, Mulyani. 2013.  “Penentuan Karakteristik Air Waduk Dengan Metode Koagulasi.”	Bahan utama yang digunakan adalah air waduk Kota Lhokseumawe, Tawas (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ). Alat yang digunakan adalah COD meter, reaktor, pH Meter, seperangkat alat Jar Test, TDS meter, turbidimeter, dan Conductivity meter.	Bahan baku air waduk Pusong diambil dari tiga pintu utama sumber masuknya air ke waduk dengan kedalaman 30 cm dibawah permukaan air. Sampel diambil waktu siang hari dengan kondisi cuaca cerah, selama 5 hari. Untuk pengolahan selanjutnya digunakan koagulan tawas (aluminium sulfat) dengan konsentrasi 70, 90, 110, 130 dan 150 mg/liter. Analisa sampel dilakukan pada sebelum dan sesudah perlakuan.	Setelah dilakukan proses pengolahan air waduk dengan menggunakan koagulan Aluminium sulfat (Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) ternyata penyisihan jumlah COD tertinggi 41,67% pada minggu ke 3, jumlah TDS tertinggi 10,95% pada minggu ke 4, analisis TSS yang tertinggi pada minggu ke 5 sebesar 69,9%, nilai DHL yang tertinggi pada minggu ke 1 yaitu 3,56%, penyisihan turbiditas yaitu 83,95% pada minggu ke 5, penyisihan kesadahan yaitu 31,81% pada minggu ke 4 dan penyisihan pH 2,66% pada minggu ke 5. Penurunan COD, TSS, TDS, DHL, Turbidity, kesadahan dan pH pada

				penggunaan koagulan (tawas) 150 mg/L.
9.	Arief Pangestu, Devi Abriyani, 2016.  “Pengaruh Perbedaan Tekanan Terhadap Nilai Efisiensi Proses Filtrasi CaCO <sub>3</sub> dengan menggunakan <i>Plate and Frame Filter Press.</i> ”	Air dan Kapur (CaCO <sub>3</sub> )	Membuat suspensi CaCO <sub>3</sub> dalam air dengan komposisi 200 gram CaCO <sub>3</sub> dan 20 L air pada mixing tank. Kemudian filtrasi sampel dengan menggunakan alat plate and frame filter press. Mencatat waktu dan volume filtrat keluar. Menjaga tekanan dalam tangki dengan mengatur bukaan kerangan udara masuk selama tumpuhan penyaringan. Mengambil 30 ml filtrat kemudian melakukan analisa tahanan cake ( $\alpha$ ), tahanan medium filter (Rm), yield dan kadar air.	Hasil penelitian menjelaskan bahwa semakin tingginya tekanan yang diberikan maka semakin besarnya harga $\alpha$ dan Rm. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai $\alpha$ dan Rm pada masing-masing percobaan berturut-turut adalah, $\alpha_1 = 1,2 \times 10^9 \text{ m/kg}$ & $Rm_1 = 1,82 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$ ; $\alpha_2 = 2,2 \times 10^9 \text{ m/kg}$ & $Rm_2 = 3,67 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$ ; $\alpha_3 = 2,52 \times 10^9 \text{ m/kg}$ & $Rm_3 = 5,22 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$ ; $\alpha_4 = 3,95 \times 10^9 \text{ m/kg}$ & $Rm_4 = 5,67 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$ .
10.	Risdianto, 2007.  “Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)”	Koagulan yang digunakan adalah aluminium sulfat, ferro sulfat dan poly aluminium chloride (PAC) dengan dosis 75 mg/L sampai 250 mg/L. Flokulan yang digunakan adalah flokulan anionik Polyacrylic Acid dengan dosis 0.25 mg/L sampai 1 mg/L dan flokulan kationik Polyethylene-Imine dengan dosis 2 mg/L sampai 5 mg/L.	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jartes sebagai tahap proses dan turbidity meter untuk mengukur turbidity sebagai parameternya. Untuk satu kali tahapan proses diperlukan sekitar 40 liter air limbah. Selanjutnya, aktifkan pengadukan dengan kecepatan 140 rpm selama 1 menit untuk pengadukan cepat kemudian turunkan kecepatan pengadukan menjadi 45 rpm pada kondisi ini tambahkan flokulan dengan dosis tertentu, pengadukan lambat dilakukan selama 15 menit lalu biarkan air limbah selama 15 menit setelah itu sampel diambil untuk diukur nilai turbiditas dan absorbansinya.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel proses koagulan ferro sulfat dosis 200 mg/L, flokulan kationik Polyethylene-Imine dosis 5 mg/L dan kondisi pH = 7 merupakan kondisi yang paling optimal, hal ini dilihat dari penurunan nilai turbidity yang dihasilkan oleh variabel proses tersebut yang mencapai 92.7% dengan nilai turbidity 14.0 FTU. Pada kondisi optimum ini dosis koagulan ferro sulfat dan flokulan kationik Polyethylene-Imine mampu menetralkan muatan listrik negatif pada permukaan partikel-partikel koloid air limbah sehingga membuat gaya tolak menolak antar partikel koloid air limbah akan melemah sehingga partikel akan berdekatan bergabung membentuk flok.