

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah zat atau unsur yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, air merupakan zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna dan bau. Air dapat berupa air tawar (fresh water) dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35 ppm, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt (Etnize,2010)

2.2 Limbah

Perkembangan industri di Indonesia yang semakin pesat tidak dapat dipisahkan dari masalah pencemaran lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Limbah merupakan buangan hasil produksi yang kehadirannya pada waktu dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena akan memberikan pengaruh yang merugikan (Adityanto, 2007). industry sekarang ini termasuk industri jamu jago, membuang limbah ke sungai tanpa ada pengolahan terlebih dahulu atau sudah dilakukan pengolahan tetapi masih belum memenuhi standar baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan oleh pemerintah sehingga dapat mengganggu lingkungan (Isyuniarto, dkk 2007).

2.2.1 Proses Pengolahan Limbah

Pengolahan air limbah secara umum didesain dalam tiga tahap pengolahan yaitu tahap pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Pengolahan primer merupakan tahap pernyisihan padatan kasar dan materi tersuspensi dengan cara screening, sedimentasi dan filtrasi serta pengkondisian aliran air limbah melalui pengaturan pH. Padatan berukuran besar disaring atau di *skimmed off* untuk selanjutnya dibakar atau dikubur. Cairannya dialirkan menuju bak sedimentasi dimana lebih banyak padatan akan mengendap dan membentuk lumpur. Pengolahan primer umumnya mampu menghilangkan padatan tersuspensi sebanyak 50-65% dan penurunan BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebesar 40%. Efluen dari pengolahan primer kemudian memasuki system pengolahan sekunder atau dikenal sebagai pengolahan biologis.

Pada tahap ini efluen ditahan dalam suatu bak berisi mikroba yang diaerasi. Limbah olahan ini kemudian ditransfer ke bak sedimentasi sekunder untuk memisahkan cairan dari lumpur. Sekitar 1/5 dari lumpur dikembalikan ke bak aerasi sebagai starter inoculum mikroba untuk limbah berikutnya. Pada situasi dimana limbah mengandung polutan tertentu ataupun badan air sensitive maka dibutuhkan pengolahan lanjut yaitu pengolahan tersier (Wenten, 2018).

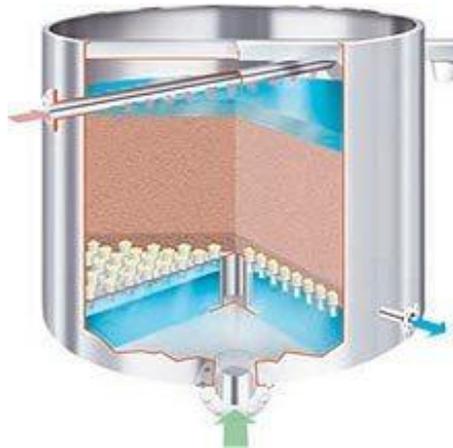
2.3 Filtrasi

Filtrasi adalah salah satu proses pemisahan yang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung pada bahan yang akan dipisahkan serta tingkat pemisahan yang diinginkan. Teknologi filtrasi membrane merupakan salah satu teknologi filtrasi yang menggunakan media penyaring dari membrane. Hal ini terjadi dengan melewati cairan melalui suatu membrane tipis yang biasa berbentuk seperti piringan (Juansah, dkk, 2009). Dalam sistem pengolahan air limbah proses filtrasi biasanya merupakan bagian dari pengolahan ketiga atau pengolahan lanjutan yang disebut *tertiary treatment*. Proses ini digunakan apabila air limbah hasil olahan akan dimanfaatkan kembali (*reuse*), misalnya untuk air penggelontor atau apabila dimaksudkan untuk pengendalian *eutrofikasi* (penyuburan perairan) pada badan air yang digunakan sebagai tempat pembuangan air limbah. Berdasarkan karakter partikel pencemar, unsur filtrasi adalah perembesan yang terbagi menjadi rembesan secara mekanik, artinya partikel pencemar yang lebih besar ukurannya dari pori media filter ditahan secara mekanis. Rembesan kebetulan artinya partikel partikel yang lebih ukurannya dari media filter terperangkap didalam kontak secara kebetulan. Partikel pencemar mengendap pada dam didalam media filter (Tchobanoglus, 1991).

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 lazim 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 (Geankoplis C. J., 1997).

2.4 Macam-Macam Alat Filtrasi

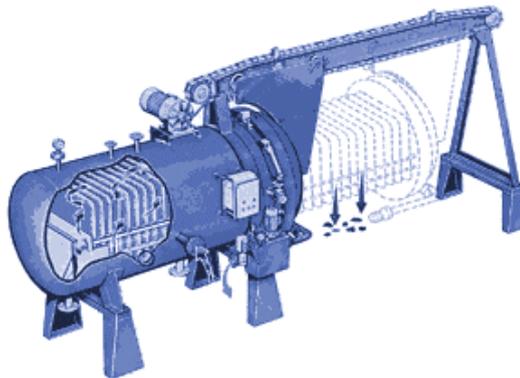
1. Penyaring gaya berat (*gravity filters*)



Gambar 1. *gravity filters*

Gravitasi adalah sistem pengaliran air dari sumber ke tempat *reservoir* dengan cara memanfaatkan energi potensial gravitasi yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi *reservoir* (Pinalia, 2011).

2. Penyaring tekanan (*Pressure filters*)



Gambar 2. *Pressure filters*

Suatu mesin pres bersaringan berisi satu set plat yang didesain untuk menyediakan serangkaian ruang atau kompartemen yang didalamnya padatan dikumpulkan. Plat-plat tersebut dilingkupi medium penyaring seperti kanvas. Lumpur dapat mencapai tiap-tiap kompartemen dengan tekanan tertentu; cairan melalui kanvas dan keluar ke pipa pembuangan, meninggalkan padatan kue basah dibelakangnya (Pinalia, 2011).

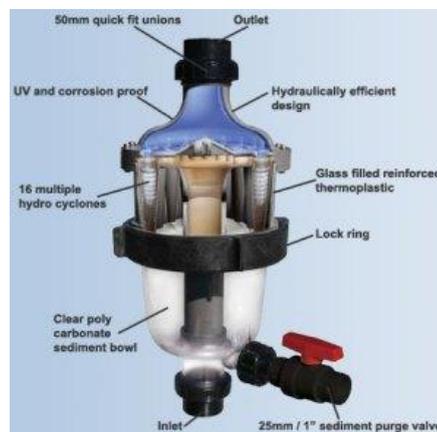
3. Penyaring vakum (*Vacuum filters*)



Gambar 3. *Vacuum filters*

Rotary disk vacuum filter ini digunakan operasi dalam skala besar serta proses kontinu. Media filter dapat berupa kain (*cloth*), kertas, media poros dan lain-lain. Pemilihan media filter ini didasarkan atas kemampuan untuk memisahkan padatan, memiliki kekuatan, *inert* terhadap bahan kimia dan juga dari segi ekonominya (Pinalia, 2011).

4. Penyaring sentrifugal (*Centrifugal Filters*)



Gambar 4. *Centrifugal Filters*

Padatan yang membentuk kue berpori dapat dipisahkan dari cairan dengan penyaringan berputar. Umpam dimasukkan ke dalam keranjang berputar yang memiliki dinding bercelah atau berlubang yang disampuli suatu medium penyaring seperti kanvas atau kain logam. Tekanan yang dihasilkan dari gaya sentrifugal memaksa cairan melewati medium penyaring, meninggalkan padatannya. Jika umpam yang masuk keranjang dihentikan dan padatan kue diputar untuk waktu yang singkat, kebanyakan cairan residu di dalam kue mengalirkan partikel sehingga padatan lebih kering daripada hal yang sama untuk mesin pres bersaringan (*filter press*) atau penyaring vakum (*vacuum filter*). Ketika

material yang tersaring harus dikeringkan secara berurut dengan alat pemanas, pemakaian penyaring ini dapat dipertimbangkan sebagai langkah ekonomis (Pinalia, 2011).

2.5 Filtrasi Plate and Frame

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. 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. 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. 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 (Geankoplis C. J., 1997).

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. Ada juga filter yang dilengkapi dengan plate pencuci, tujuannya untuk melakukan pencucian pada cake, sehingga bisa diperoleh kembali sisa filtrat yang berharga yang tertahan di dalam cake (seperti di pabrik minyak) atau bertujuan untuk memperoleh cake yang lebih bersih. Pada waktu pencucian, air cucian masuk dari plate pencuci, melalui kain saringan lalu melalui cake, terakhir melalui kain saringan lagi dan keluar melalui lubang yang ada di bawah plate. Pada hasil pencucian kadang-kadang terdapat sesuatu yang berharga dan ingin diambil, seperti pabrik minyak Untuk kasus seperti ini, air cucian tersebut tidak dibuang tetapi

dilakukan pengolahan lebih lanjut.

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. 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 (Geankoplis C, 1997).

2.6 Pengoperasian Alat Plate and Frame Filtrasi

Filter jenis ini terdiri dari beberapa piringan (plate) dan frame yang dihubungkan pada sepasang pembatas. Plate memiliki permukaan yang licin dan pinggiran yang tipis. Rongga dari frame dipisahkan dari plate dengan filter cloth (penyaring) dan ditekan dengan hand screw. Tekanan yang minim sebaiknya digunakan untuk mengurangi pemakaian pada kain penyaring. Chamber kemudian dibentuk diantara setiap pasang plate. Sari masuk melalui frame dan filtratnya melewati penyaring pada setiap sisi sehingga ada dua cake yang terbentuk secara singultan. Frame biasanya berbentuk persegi dengan panjang antara 100 mm dan 1,5 m ketebalan 10-75 mm. Slurry diumpankan melalui saluran kontinu dengan pori-pori pada bagian atas plate dan frame. Pada kasus ini dibutuhkan untuk memotong pori-pori pada cloth sebagai pembungkus. Pemotongan pada cloth dapat dihindarkan dengan pengumpanan langsung saluran pada sisi tetapi rubber bushesnya harus disesuaikan. Filtrat mengalir pada permukaan plate dan kemudian dikosongkan melalui cock menuju pencuci terbuka sehingga filtrate dari setiap cake dapat diketahui dan banyak plate dapat diisolasi. Kebanyakan filter press, ketepatan pembuatan untuk pemanasan sehingga viskositas filtrate berkurang dan angka hasil filtrasi lebih tinggi. Material seperti lilin yang ada pada temperatur normal dapat disaring pada penekan uap panas. Penguapan juga mempengaruhi pembentukan cake kering. Ketebalan optimum cake dihasilkan pada filter press, bergantung pada hambatan filter cake. Waktu yang dibutuhkan untuk membongkar walaupun filter cake tidak tebal akan menghasilkan nilai rata-rata filtrasi yang tinggi, maka diperlukan untuk menghilangkan penekanan yang lebih dan menghabiskan waktu yang lebih besar pada oprerasi ini (Maulana, 2011).

2.7 Pressure Drop

2.7.1 Pengertian Pressure Drop

Pressure drop merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penurunan tekanan dari satu titik di dalam sistem (misalnya aliran didalam pipa) ke titik yang lain yang mempunyai tekanan lebih rendah. Pressure drop juga merupakan hasil dari gaya-gaya friksi terhadap fluida yang mengalir didalam pipa, yang disebabkan oleh tahanan fluida untuk mengalir (Geankoplis C. J., 1997). Pressure drop didefinisikan sebagai perbedaan tekanan antara dua titik dari jaringan pembawa cairan. Pressure drop terjadi dengan gesekan kekuatan, yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran, pada fluida yang mengalir melalui tabung. Penentu utama resistensi terhadap aliran fluida adalah cairan kecepatan melalui pipa dan cairan viskositas. Pressure drop meningkat sebanding dengan gesekan gaya geser dalam jaringan pipa. Sebuah jaringan pipa yang mengandung kekasaran relatif tinggi serta banyak pipa fitting dan sendi, konvergensi tabung, divergensi, ternyata kekasaran permukaan dan sifat fisik lainnya akan mempengaruhi penurunan tekanan. Kecepatan tinggi aliran dan/atau viskositas fluida tinggi menghasilkan penurunan tekanan yang lebih besar di bagian pipa atau katup atau siku. Kecepatan rendah akan menghasilkan lebih rendah atau tidak ada penurunan tekanan (Nurman, 2017).

Ketika suatu fluida mengalir dalam pipa silinder dan velositasnya diukur pada jarak yang berbeda dari dinding pipa ke pusat pipa, ini telah ditunjukkan bahwa keduanya beraliran laminer dan turbulen. Dimana fluida dalam pusat itu berpindah lebih cepat daripada fluida yang dekat dengan dinding. Jika fluida mengalir dalam pipa, belokan-belokan (elbow), katup-katup (valves) dan tee, maka akan terjadi hambatan. Hambatan tersebut akan mengurangi tekanan, terutama disebabkan gesekan antara aliran dan dinding dalam yang dilewati fluida tersebut dan akibat terjadinya turbulensi dari fluida tersebut. Sebab-sebab terjadinya pressure drop (penurunan tekanan dalam pipa) antara lain adalah (Geankoplis C. J., 1997):

1. Diameter pipa yang dilewati fluida sangat kecil.
2. Suhu fluida sangat tinggi.
3. Panjang pipa yang terlalu besar.
4. Velositas massa fluida yang terlalu besar.

2.7.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pressure Drop

Adapun hal-hal yang mempengaruhi pressure drop (DP) antara lain adalah (Geankoplis, 1997):

1. Diameter pipa (D)

Semakin besar diameter pipa, maka semakin kecil penurunan tekanannya (pressure dropnya).

2. Berat molekul fluida yang mengalir (M)

Semakin besar berat molekul fluida yang mengalir, maka semakin kecil pressure dropnya.

3. Faktor friksi (f)

Semakin besar faktor friksinya, maka semakin besar pula pressure dropnya (DP).

4. Panjang pipa (DL)

Semakin besar panjang suatu pipa, maka semakin besar pula pressure dropnya.

5. Suhu aliran (T)

Semakin besar suhu suatu aliran, maka semakin besar pula pressure dropnya.

6. Velositas massa aliran (G)

Semakin besar velositas massa aliran suatu aliran fluida, maka semakin besar pula pressure dropnya.

2.8 Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride)

Poly Aluminium Chloride ($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$) merupakan salah satu koagulan zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi yang bisa membantu untuk menjernihkan air, seperti air sumur yang keruh. Keunggulan Polyaluminium Chloride (PAC) dengan koagulan yang lainnya, seperti :

1. Pada kondisi air yang umum, Polyaluminium Chloride (PAC) tidak membutuhkan koreksi pH. Sebab Polyaluminium Chloride (PAC) memiliki atau dapat bekerja pada tingkat pH yang lebih luas.
2. Polyaluminium Chloride (PAC) tidak menjadi keruh apabila digunakan secara berlebihan. Ini berarti pengguna Polyaluminium Chloride (PAC) dapat melakukan penghematan penggunaan bahan kimia.
3. Terdapatnya kandungan polimer khusus pada Polyaluminium Chloride (PAC), juga dapat membantu mengurangi pemakaian bahan kimia pembantu lainnya. Tentu saja hal ini memberikan penghematan.
4. Untuk air yang di konsumsi, tentu saja dibutuhkan bahan untuk menetralkan kandungan kimia. Namun dengan penggunaan Polyaluminium Chloride (PAC) ini hal tersebut dapat diminimalisasi. Sebab, kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim.

Polyaluminium Chloride (PAC) memiliki waktu yang lebih cepat dalam pembentukan flok dibandingkan dengan koagulan lainnya. Hal ini disebabkan gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil

kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi over-load bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh (Sumdani, 2010).

2.9 Sludge

Lumpur merupakan hasil samping dari suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Lumpur ini sebagian besar mengandung bahan pencemar yang kurang baik secara estetika. Apabila lumpur juga mengandung bahan yang berbahaya/patogen maka bila dibuang langsung tanpa proses pengolahan akan mencemari lingkungan. Selain itu lumpur umumnya mempunyai kandungan air yang tinggi. Untuk itu, pengolahan lumpur perlu dilakukan agar dapat meminimalkan dampak negatif yang timbul serta mereduksi volume airnya. Sudah banyak proses-proses pengolahan lumpur yang telah dikembangkan. Pada dasarnya ada lima katagori utama pengolahan lumpur yang diterapkan secara berurutan yakni pengkonsentrasian / pemekatan, stabilisasi, pengkondisian, pelepasan air dan pengeringan / pembakaran. Untuk metode stabilisasi lumpur, dapat dilakukan dengan cara stabilisasi alkalin, di mana dapat pula dipakai sebagai pengkondisian sebelum pelepasan air. Cara stabilisasi atau pengkondisian alkalin umumnya menggunakan bahan kimia misalnya kapur (kapur terhidrasi, Ca(OH)_2) atau polimer. Bahan lain yang dapat digunakan adalah kalsium oksida (CaO), abu terbang, debu tempat pengeringan semen dan kapur karbit. Bahan-bahan tersebut di atas disebut juga sebagai bahan pengkondisi fisik lumpur. Selanjutnya, akan dirangkai dengan metode pelepasan air sebagai lanjutan stabilisasi/pengkondisian kapur atau bahan fisik lain yakni dengan menggunakan pelepasan air secara mekanik filter press (Metcalf & Eddy, 2003).