**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Tahu**

Tahu merupakan salah satu produk olahan kedelai yang telah lama dikenal dan banyak disukai oleh masyarakat, karena harganya murah dan mudah didapat. Pembuatan tahu pada umumnya dilakukan oleh industri kecil atau industri rumah tangga. Selain dapat menyerap tenaga kerja, industri kecil ini juga ikut berperan dalam meningkatkan gizi masyarakat karena membuat produk yang merupakan sumber protein nabati dengan harga relatif murah.

Bahan baku utama dalam pembuatan tahu adalah kedelai. Kedelai merupakan salah satu jenis tumbuh-tumbuhan yang banyak mengandung protein dan kalori serta mengandung vitamin B dan kaya akan mineral. Protein yang terkandung dalam 100 gram kedelai mencapai 35 – 45 gram (Kafadi, 1990).

**Tabel 2.1 Komposisi Kedelai per 100 gram Bahan**

|  |  |
| --- | --- |
| **KOMPONEN** | **KADAR (%)** |
| Protein | 35-45 |
| Lemak | 18-32 |
| Kerbohidrat | 12-30 |
| Air | 7 |

 *Sumber : Tri Radiyati et.al, 1992*

**2.1.1 Proses Produksi Tahu**

Berikut adalah diagram alir pembuatan tahu :



**Gambar 2.1 Diagram Alir Pembuatan Tahu**

*Sumber : Tahu Tauhid Lembang, 2010*

Berikut adalah penjelasan dari tahapan-tahapan pembuatan tahu :

1. Pemilahan kedelai

Sebelum diolah, kedelai dipilah terlebih dahulu untuk mendapatkan kualitas kedelai yang baik secara fisik.

1. Pencucian kedelai

Setelah dipilah, kedelai dicuci agar bersih. Apabila kedelai kurang bersih, maka tahu yang dihasilkan akan cepat asam.

1. Perendaman kedelai

Kedelai direndam agar kedelai menjadi lunak sehingga mudah untuk digiling. Perendaman kedelai ini berlagsung selama 5 jam.

1. Penggilingan kedelai

Kedelai digiling sampai halus.

1. Pemasakan bubur kedelai

Kedelai yang sudah digiling kemudian dimasak

1. Pemisahan sari kedelai dan ampas tahu.

Dengan kata lain, proses ini adalah proses penyaringan. Proses ini menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu. Ampas tahu biasanya dimanfaatkan kembali untuk pembuatan *nata de soya* atau sebagai pakan ternak.

1. Proses penggumpalan

Pada proses ini, sari kedelai diaduk dengan penambahan cuka tahu. Cuka tahu yang digunakan berasal dari limbah cair tahu yang sudah dibiarkan selama satu malam. Proses ini terus berlangsung sampai terbentuk gumpalan-gumpalan.

1. Pengendapan

Proses ini bertujuan agar memudahkan pemisahan antara air dan gumpalan tahu. Proses ini berlangsung selama 15 menit.

1. Penyaringan

Proses ini bertujuan untuk menyaring gumpalan-gumpalan yang sudah terbentuk sebelumnya. Proses ini menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung nutrisi dan mikroorganisme.

1. Pemadatan

Proses ini bertujuan untuk memudahkan proses pencetakkan tahu.

1. Pencetakkan

Gumpalan tahu yang sudah dipadatkan kemudian dicetak mengggunakan cetakan berbentuk kotak-kotak kecil.

1. Pengepresan dan pemotongan

Proses pengepresan bertujuan untuk memadatkan kembali tahu yang sudah dicetak serta mengeluarkan kandungan air yang masih terkandung di dalamnya. Proses pengepresan menghasilkan limbah cair. Kemudian tahu di potong-potong.

1. Perebusan

Proses perebusan ini bertujuan untuk mematangkan tahu. Penambahan garam dan kunyit bertujuan untuk menghasilkan tahu yang berwarna kuning dan memiliki rasa yang gurih.

**2.1.2 Sumber Limbah Tahu**

Jenis limbah tahu yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu adalah berupa limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang langsung ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai tersebut. Setiap kuintal kedelai akan menghasilkan limbah 1,5 - 2 m­3 air limbah (Nurhasan & Pramudyanto, 1991).

Sumber air limbah tahu berasal dari proses pencucian bahan baku sampai pada proses penggumpalan tahu. Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan proses pembuatan tahu yang menghasilkan limbah :

1. Proses pemilahan kedelai biasanya dilakukan dengan mencuci berkali-kali sampai benda yang terikat terapung dan dibuang, tahap ini menghasilkan limbah cair dari air yang digunakan untuk mencuci kedelai.
2. Pada proses perendaman kedelai, air diganti secara bertahap sehingga dihasilkan limbah cair dari air yang digunakan untuk merendam kedelai.
3. Pada saat penggilingan kedelai, ada air yang digunakan untuk memperlancar proses penggilingan.
4. Pada tahap pemasakan bubur kedelai juga ada air yang digunakan untuk memasak bubur kedelai tersebut.
5. Pada saat proses pemisahan sari kedelai dan ampas tahu dihasilkan limbah berupa limbah padat yaitu ampas tahu.
6. Pada proses penggumpalan, dihasilkan limbah cair panas.
7. Pada tahap pengendapan tidak dihasilkan limbah apapun.
8. Pada proses penyaringan dihasilkan limbah cair, air ini selain temperaturnya panas juga mengandung polutan zat organik.
9. Pada proses pengepresan tahu, juga ada limbah cair yang dihasilkan.
10. Proses akhir adalah perebusan tahu yang sudah dicetak dengan air campuran kunyit, pada proses ini dihasilkan limbah cair panas.

**2.1.3 Karakteristik Limbah Tahu**

Sebagian besar dari buangan pabrik tahu adalah limbah cair dan limbah ini mengandung sisa air dari susu tahu yang tidak tergumpal menjadi tahu. Oleh karena itu, limbah cair pabrik tahu masih mengandung zat-zat organik misalnya protein, karbohidrat, dan lemak. Di samping mengandung zat terlarut juga mengandung padatan tersuspensi atau padatan terendap misalnya potongan tahu yang hancur pada saat pemrosesan karena kurang sempurna pada saat penggunpalannya. Di alam, padatan tersuspensi maupun terlarut mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang menghasilkan zat toksik atau menyebabkan tumbuhnya kuman, yang dapat berwujud kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada tahu sendiri maupun pada tubuh manusia. Ciri lain apabila dibiarkan dalam lingkungan, air limbah berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Perubahan warna ini menandakan bahwa limbah menjadi septik dan kadar oksigen dalam genangan air tersebut menjadi nol. Apabila berada di sekitar sumber air, misalnya sumur maka kemungkinan akan merembes dan sumur akan berubah fungsinya serta tidak dapat dimanfaatkan lagi. (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991)

Berikut adalah karakteristik dari limbah tahu :

1. *Temperatur*

Temperatur air limbah pabrik tahu biasanya lebih tinggi dari temperatur normal di badan air. Hal ini dikarenakan dalam proses pembuatan tahu selalu pada temperatur panas, baik pada saat penggumpalan atau pada saat menyaring yaitu pada suhu 60-80 derajat Celcius.

Seperti diketahui, kelarutan oksigen pada air panas relatif kecil, sehingga dapat menurunkan kelarutan oksigen pada saluran umum dimana air limbah tersebut dibuang. Akibatnya dapat membahayakan kehidupan mikroba atau ikan yang ada pada saluran tersebut.

1. *Warna*

Air limbah yang masih baru berwarna transparan sampai kuning muda disertai adanya suspensi warna putih. Lama kelamaan warna air limbah akan berubah menjadi kehitam-hitaman dan berbau busuk karena zat terlarut dan tersuspensi mengalami penguraian hayati maupun kimia. Hal ini merupakan proses yang paling merugikan, karena adanya proses dimana kadar oksigen dalam air buangan menjadi nol.

1. *Bau*

Bau dapat dijadikan suatu petunjuk apakah air limbah tersebut masih baru atau sudah lama. Air limbah yang masih baru masih berbau seperti tahu dan akan menjadi berbau asam setelah berumur lebih dari satu hari, selanjutnya akan berbau busuk. Bau tersebut berasal dari bau hidrogen sulfida (H2S) dan amoniak (NH3) yang berasal dari proses pembusukan protein serta bahan organik lainnya. Bau sungai atau saluran akan menyengat apabila di saluran tersebut kondisinya sudah berubah menjadi anaerob.

1. *Kekeruhan*

Padatan yang terlarut dan tersuspensi dalam air limbah pabrik tahu menyebabkan air keruh. Zat yang menyebabkan air keruh adalah zat organik atau zat-zat yang tersuspensi dari tahu atau kedelai yang tercecer atau zat organik terlarut yang sudah terpecah sehingga air limbah berubah seperti emulsi keruh.

1. *Kebutuhan Oksigen Biokimia (KOB) atau Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran bahan organik pada air limbah. BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik di dalam air melalui proses oksidasi biologis (biasanya dihitung selama waktu 5 hari pada suhu 20⁰C). Semakin tinggi nilai BOD di dalam air limbah, semakin tinggi pula tingkat pencemaran yang ditimbulkan. Menurut Nuriswanto (1995) dalam penelitiannya, air limbah industri tahu memiliki angka BOD antara 1070-2600 mg/L.

1. *Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) atau Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD juga merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran bahan organik pada air limbah. COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik di dalam air secara kimia. Uji COD dapat dilakukan lebih cepat daripada uji BOD, karena waktu yang diperlukan hanya sekitar 2 jam. Menurut Nuriswanto (1995) dalam penelitiannya, air limbah industri tahu memiliki angka COD antara 1940-4800 mg/L.

1. *pH*

Perubahan pH pada air limbah menunjukkan bahwa telah terjadi aktivitas mikroba yang mengubah bahan organik mudah terurai menjadi asam. Menurut Nuriswanto (1995) dalam penelitiannya, bahwa air limbah industri tahu memiliki pH antara 4,5-5,7.

**2.2 BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand).**

*Biochemical Oxygen Demand* menunjukkan jumlah oksigen dalam satuan ppm yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, apabila suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut. Beberapa zat organik maupun anorganik dapat bersifat racun misalnya sianida, tembaga, dan sebagainya sehingga harus dikurangi sampai batas yang digunakan. (Alaerts dan Santika, 1984)

Berkurangnya oksigen selama biooksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu, uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya.

Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasi contoh air pada suhu 20⁰C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20⁰C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi selama lima hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68 persen dari total BOD. (Sasongko, 1990)

Terdapat pembatasan BOD yang penting sebagai petunjuk dari pencemaran organik. Apabila ion logam yang beracun terdapat dalam sampel, maka aktivitas bakteri akan terhambat sehingga nilai BOD menjadi lebih rendah dari yang semestinya (Mahida, 1981). Pada Tabel 2.2. dapat dilihat waktu yang dibutuhkan utnuk mengoksidasi bahan organik di dalam air.

**Tabel 2.2 Waktu yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik pada suhu 20⁰C**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Waktu (hari) | Bahan Organik Teroksidasi (%) | Waktu (hari) | Bahan Organik Teroksidasi (%) |
| 0.5 | 11 | 8.0 | 84 |
| 1.0 | 21 | 9.0 | 87 |
| 1.5 | 30 | 10.0 | 90 |
| 2.0 | 37 | 11.0 | 92 |
| 2.5 | 44 | 12.0 | 94 |
| 3.0 | 50 | 13.0 | 95 |
| 4.0 | 60 | 14.0 | 96 |
| 5.0 | 68 | 16.0 | 97 |
| 6.0 | 75 | 18.0 | 98 |
| 7.0 | 80 | 20.0 | 99 |

*Sumber : Standard Methods for Examination of Waste Water (1965)*

Pengujian BOD menggunakan metode Winkler-Alkali iodida azida adalah penetapan BOD yang dilakukan dengan cara mengukur berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam sampel yang disimpan dalam botol tertutup rapat, diinkubasi selama 5 hari pada temperatur kamar, dalam metode Winkler digunakan larutan pengencer MgSO4, FeCl3, CaCl2 dan buffer fosfat. Kemudian dilanjutkan dengan metode Alkali iodida azida, yaitu dengan cara titrasi, dalam penetapan kadar oksigen terlarut digunakan pereaksi MnSO4, H2SO4, dan alkali iodida azida. Sampel dititrasi dengan natrium tiosulfat memakai indikator amilum (Alaerts dan Santika, 1984).

COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dengan oksidator K2Cr2O7 atau KMnO4.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimiawi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh K2Cr2O7 dalam keadaan asam,

CaHbOc + CrO72- + H+ Ag2SO4  CO2 + H2O + 2Cr3+

Perak sulfat (Ag2SO4) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan.

Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi, maka zat oksidator K2Cr2O7 masih harus tersisa sesudah direfluks. K2Cr2O7 yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai. Sisa K2Cr2O7 tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro ammonium sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut.

6Fe2+ + Cr2O­72- + 14H+ 6Fe3+ + 2Cr3+ + 7H2O

Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi cokelat merah. Sisa K2Cr2O7 dalam larutan blanko adalah K2Cr2O7 awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh K2Cr2O7 (Alaerts dan Santika, 1984).

Banyaknya zat pencemar pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut, sehingga akan mengakibatkan kehidupan dalam air yang membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya. Selain itu kematian dapat pula disebabkan adanya zat beracun yang juga menyebabkan kerusakan pada hewan dan tumbuhan air.

Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses pemurnian air secara alamiah *(self purification)* yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat. Air limbah menjadi sulit terurai. Panas dari industri juga akan membawa dampak bagi kematian organisme, apabila air limbah tidak didinginkan dahulu.

Secara khusus, efek BOD dan COD yang melebihi baku mutu pada badan air adalah berkurangnya oksigen terlarut dalam badan air akibat aktivitas mikroorganisme yang menggunakan oksigen terlarut untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung di dalam badan air tersebut. Hal tersebut dapat mengakibatkan kematian ikan-ikan dan makhluk hidup lain yang hidup di dalam badan air tersebut serta membuat kondisi badan air menjadi septik.

**2.3 Aerasi dan Pengolahan Aerob**

Penyisihan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan dari pengolahan air. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari penyisihan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali.

Aerasi adalah proses penambahan oksigen ke dalam air, sehingga kadar oksigen terlarut di dalam air akan semakin tinggi. Aerasi termasuk pengolahan secara fisika, karena lebih mengutamakan unsur mekanisasi daripada unsur biologi. Prinsip kerjanya adalah membuat kontak antara air dan oksigen (Benny Syah, 2006).

 Aerasi bertujuan untuk :

1. Penambahan jumlah oksigen.
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO2).
3. Menghilangkan hidrogen sulfida (H2S), methan (CH4), dan berbagai senyawa.

Proses pengolahan aerob diartikan sebagai suatu sistem pengolahan yang memerlukan oksigen untuk membantu mikroorganisme dalam menguraikan limbah.

Dengan penyediaan udara yang cukup dan keadaan lingkungan yang seimbang, maka air buangan yang mengandung bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme aerob menjadi CO2, H2O dan sel-sel baru dalam keadaan ada oksigen.

C6H12O6 + 6O2 + 38 ADP + 38 Fosfat 🡪6CO2 + 6H2O + 38 ATP

Penguraian dilakukan oleh sejumlah bakteri, proses metabolisme oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling berkaitan dalam membantu pertumbuhan bakteri. Selama sumber nutrisi cukup dan oksigen tidak berkurang, maka bakteri akan berkembang dengan baik dan akan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik.

Pada sistem aerobik diperlukan aerator sebagai penyuplai udara/oksigen ke dalam limbah cair. Jika bakteri hanya berasal dari limbah, maka yang tumbuh bermacam-macam jenis bakteri dari mulai yang bersifat patogen maupun probiotik. Dalam kondisi ini, maka proses hanya dapat berlangsung secara aerobik karena diperlukan hembusan oksigen untuk melipatgandakan jumlah bakteri yang ada.

Proses pengolahan air limbah secara biologis aerobik adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba aerob untuk mengkonversi zat organik yang terdapat dalam air limbah menjadi zat inorganik yang stabil dan tidak memberikan dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Model pertumbuhan mikroorganisme aerobik dalam reaktor umumnya ada 2 macam, yaitu :

1. *Suspended Growth* (tumbuh dalam suspensi) : mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Contoh : Lumpur aktif.
2. *Attached Growth* (lekat dan tumbuh) : mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan melekat pada suatu media dengan membentuk lapisan biofilm, media pendukung antara lain : batu, pasir, cakram berputar, karang.
	1. **Filtrasi**

Filtrasi adalah proses pemisahan dengan cara melewatkan campuran padatan dan cairan pada bahan berpori (saringan/filter) yang menahan padatan dan meloloskan cairan (filtrat).

Menurut karakteristik dari partikel yang akan disaring dan bahan filtrasi yang akan digunakan, satu atau lebih dari beberapa prinsip mekanisme filtrasi di bawah ini dapat digunakan :

1. Penyimpanan *(retention)*. Mekanisme penyimpanan *(retention)* terdiri dari dua jenis, yaitu :
2. *Mechanical straining*. Mekanisme filtrasi jenis ini bekerja dengan cara menahan semua partikel yang ukurannya lebih besar dari ukuran lubang saringan. Semakin kecil ukuran lubang saringan, hasil yang diberikan akan semakin baik.
3. Penyimpanan pada bahan saringan *(deposit on the filter material)*. Partikel tersuspensi mengikuti laju aliran air, dengan bergantung pada ukuran partikel tersuspensi terhadap ukuran pori-pori, maka bisa saja partikel tersuspensi tersebut lolos melewati media saringan tanpa tertahan. Walaupun demikian, beberapa fenomena menyebabkan perjalanan partikel berubah dan membawa partikel tersebut untuk berkontak dengan bahan saringan.
4. Pengikatan *(attachment)*. Pengikatan partikel pada permukaan bahan saringan terjadi karena aliran air yang lambat dan hal tersebut disebabkan oleh gaya secara fisik (*jamming*, kohesi), dan oleh gaya adsorpsi, terutama gaya *Van der Waals*.
5. Pemisahan *(detaching)*. Sebagai kesimpulan dari mekanisme-mekanisme sebelumnya, bahwa ruang antara dinding bahan saringan yang dilapisi oleh partikel yang tersaring telah berkurang. Karenanya, kecepatan aliran bertambah. Partikel yang tersaring menjadi terpisah secara perlahan dan terdorong ke saringan atau terbawa oleh filtrat (Degrémont, 1991).

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter, hal-hal yang diperhatikan adalah :

1. Senyawa kimia pada pasir
2. Karakteristik fisik pasir
3. Kualitas pasir yang sesuai persyaratan
4. Jenis pasir dan ketersediaannya

Pada aplikasinya, tentu saja filter/saringan membutuhkan pembersihan, mengingat tujuan dari dilakukannya penyaringan adalah untuk mendapatkan air yang bersih. Hal tersebut berarti materi yang tersaring adalah materi kotor yang tidak diinginkan kehadirannya di dalam air. Filter yang tidak dibersihkan akan mengalami penyumbatan *(clogging)*. *Clogging* adalah penutupan/pemblokiran pori-pori saringan secara bertahap. *Clogging* menyebabkan bertambahnya kehilangan tekanan *(head loss)*. Jika tekanan awal dapat dijaga agar tetap konstan, aliran pada proses filtrasi akan menurun. Sedangkan untuk mendapatkan aliran pada *output* yang konstan, maka tekanan awal (pada *intake*) harus diperbesar namun akibatnya proses filtrasi akan lebih cepat mengalami penyumbatan.

Laju penyumbatan *(clogging rate)* tergantung pada :

1. Jenis material yang akan disaring : semakin banyak padatan tersuspensi pada air, semakin besar gaya kohesi yang terjadi pada padatan tersebut. Hal tersebut akan memperbesar kecenderungan mikroorganisme (alga, bakteri) untuk tumbuh dan berkembang biak.
2. Tingkat proses filtrasi.
3. Karakteristik bahan saringan/filter : ukuran pori-porinya, keseragaman ukuran partikel, kekasaran, bentuk dari bahan saringan.

Filter/saringan akan menjadi tersumbat pada saat kehilangan tekanan yang telah didesain sebelumnya mencapai maksimum. Filter tersebut harus dikembalikan ke kondisi awalnya dengan pencucian yang efisien dan ekonomis. Metode pencuciannya tegantung pada jenis filter yang digunakan dan jenis materi yang disaring (Degrémont, 1991).

Berdasarkan kecepatan alirannya, filter dibagi menjadi :

1. *Slow filtration* (saringan lambat)

Tujuan dari saringan lambat adalah untuk menjernihkan air permukaan tanpa proses koagulasi atau pengendapan sebelumnya. Materi koloid terkoagulasi oleh enzim yang dikeluarkan oleh mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan pasir (lapisan biologi). Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, diperlukan tiga tahapan filtrasi :

1. Saringan kasar bekerja pada kecepatan 20-30 m3/jam m2.
2. Prafiltrasi bekerja pada kecepatan 10-20 m3/hari m2.
3. Filtrasi bekerja pada kecepatan 2-5 m3/hari m2.

Laju saringan lambat memastikan pembagian kehilangan tekanan yang rendah pada setiap tingkatannya, dan filter/saringannya dibersihkan rata-rata satu kali dalam satu bulan. Saringan kasar dan prafiltrasi dicuci lebih sering, tergantung dari tingkat turbiditas air baku yang disaring. Setelah pencucian, kualitas air yang telah disaring belum memuaskan. Filter/saringan harus tetap mengalami pengaliran hingga lapisan biologi terbentuk, hal ini memakan waktu beberapa hari.

Saringan lambat memberikan klarifikasi hasil akhir yang baik asalkan air tidak mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang besar, dan kecepatan filtrasi akhir yang rendah dapat dijaga. Namun, saat padatan tersuspensi dalam air meningkat, saringan kasar dan prafiltrasi tidak cukup efisien untuk digunakan, dan turbiditas air yang telah diolah meningkat hingga melebihi nilai yang diizinkan oleh standar kecuali laju filtrasi dikurangi.

Saringan ini juga secara khusus sensitif terhadap tingginya pertumbuhan plankton yang dapat mengakibatkan penyumbatan pada permukaan saringan.

Lagipula, apabila saringan lambat digunakan untuk air permukaan dengan kandungan materi organik yang tinggi dan polutan kimia, air yang disaring masih memiliki rasa yang tidak enak.

Selanjutnya, proses biologis pada saringan lambat tidak bekerja dengan efektif apabila digunakan untuk menyisihkan mikropolutan (phenol, deterjen, pestisida). Saringan lambat juga tidak berhasil dalam menyisihkan logam berat (Degrémont, 1991).

1. *Rapid filtration* (saringan cepat)

Saringan cepat bekerja pada kecepatan antara 4-50 m3/jam m2 tergantung aplikasinya.

Pada pengolahan air minum, proses biologisnya lemah. Paling banyak adalah proses nitrifikasi yang digunakan pada saat kecepatan aliran terbatas, saat kandungan oksigen memadai, dan saat bakteri nitrifikasi menemukan kondisi nutrisi yang mendukung dalam air.

Metode-metode pokok yang digunakan dalam saringan cepat adalah :

1. Filtrasi langsung *(direct filtration)*, digunakan pada saat tidak ada penambahan reagen ke dalam air untuk disaring.
2. Filtrasi tanpa koagulasi, digunakan pada saat reagen yang ditambahkan berupa koagulan, flokulan, atau oksidator.
3. Filtrasi air yang sudah dikoagulasi.

Pada pengolahan air limbah (domestik atau industri), filtrasi selalu berhubungan dengan aktivitas biologi karena kandungan polutan organik yang tinggi (Degrémont, 1991).

* 1. **Adsorpsi**

Adsorpsi adalah kemampuan material tertentu untuk menahan molekul (gas, ion logam, molekul organik, dan sebagainya) pada permukaannya, baik yang bersifat bolak-balik *(reversible)* maupun yang tidak. Terjadi transfer massa dari fase cair atau gas ke permukaan padatan. Dengan demikian, padatan tidak perlu memiliki kecenderungan sifat *(hydrophobic atau hydrophilic)* untuk mengubah kondisi equilibrium dari media yang digunakan (difusi, flokulasi) (Degremount, 1991). Selain itu, adsorpsi juga diartikan sebagai pengumpulan zat terlarut di permukaan media dan merupakan jenis adhesi (gaya tarik-menarik antar molekul yang terjadi antara benda-benda yang bersentuhan (Wikipedia.org) yang terjadi pada zat padat atau zat cair yang mengadakan kontak dengan zat lainnya. Proses ini menghasilkan akumulasi konsentrasi zat tertentu di permukaan media setelah terjadi kontak antarmuka atau bidang batas *(interface)* cairan dengan cairan, cairan dengan gas, atau cairan dengan padatan dalam waktu tertentu (Gede H. Cahyana, 2009).

Atas dasar fenomena kejadiannya, adsorpsi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1. *Chemisorption*, yaitu adsorpsi yang terjadi karena ikatan kimia *(chemical bonding)* antara molekul zat terlarut *(solute)* dengan molekul adsorban. Adsorpsi ini bersifat sangat eksotermis dan tidak dapat berbalik *(irreversible)*.
2. *Physical adsorption* (adsorpsi fisika), terjadi karena gaya tarik-menarik molekul oleh gaya *Van der Waals*.
3. *Ion exchange*, terjadi karena adanya gaya elektrostastis.

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan, antara lain :

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film *(film diffusion process)*.
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben *(pore diffusion)*.
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya).

Bahan penyerap (adsorben) merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaan spesifik dan daya serap semakin besar. Beberapa sifat yang harus dimiliki oleh zat penyerap, yaitu :

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori.
3. Aktif dan murni.
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Kapasitas adsorpsi zat padat tergantung dari :

1. Luas permukaan spesifik dari material yang digunakan

Adsorben alami (tanah liat, silika, dan sebagainya) memiliki luas permukaan yang spesifik yang beragam sesuai dengan kondisi fisika-kimia dari media zat cair (nilai pH, kation alami yang terikat, kekeruhan permukaan oleh molekul organik, dan sebagainya) (Degrémont, 1991). Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi semakin efektif.

1. Ikatan alami dari adsorbat dan adsorban

Energi bebas dari interaksi yang terjadi pada tempat terjadinya adsorpsi dan bagian dari molekul yang bersentuhan dengan permukaan. Energi ini secara langsung dapat terukur pada kasus adsorpsi gas.

1. Waktu kontak

Kapasitas adsorpsi tergantung pada waktu kontak yang terjadi antara zat cair dan zat terlarut. Pada kondisi equilibrium, terjadi pertukaran yang dinamis antara molekul-molekul yang teradsorpsi dengan molekul-molekul yang terdapat dalam larutan (Degrémont, 1991). Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lame memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup. Waktu kontak berkisar 10-15 menit (Reynolds, 1982).

* 1. **Biosand Filter (BSF)**

**2.6.1 Definisi**

*Biosand filter* merupakan sebuah inovasi teknologi dari saringan pasir lambat *(slow sand filter)*. *Biosand filter* dapat dibagun di mana saja karena pembangunannya menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat. Desain *biosand filter* terbuat dari beton dan media yang digunakan adalah pasir dan batu kerikil, dimana tujuannya adalah untuk menyisihkan sedimen, bakteri patogen, dan bahan-bahan pengotor yang terdapat di dalam air (Water & Sanitation Rotarian Action Group, 2007).

*Biosand filter* berfungsi untuk menyaring dan menghasilkan air bersih dengan menggunakan lapisan-lapisan pasir dan aktivitas biologi. Bersamaan dengan masuknya suplai oksigen dan organisme dalam air melewati pasir, sebuah organisme akuatik yang hidup pada pasir (biasa disebut *biofilm*) tumbuh pada lapisan pasir paling atas. *Biofilm* atau *schmutzdecke* ini tumbuh dari permukaan pasir hingga 2-3 cm ke bawah, meskipun aktivitas biologi memerlukan densitas yang kecil. Melalui aktivitas biologi dan saringan pasir, bakteri patogen dirubah menjadi tidak berbahaya melalui proses alami yang kompleks (David Tarsi, 2007)*.*

**2.6.1.1 Perbedaan antara Saringan Pasir Lambat *(Slow Sand Filter)* dengan *Biosand Filter***

*Slow sand filter* dan *biosand filter*, kedua nama ini sama-sama merujuk pada saringan air yang menggunakan proses biologi yang terjadi secara alami pada lapisan pasir untuk menjernihkan air. *Slow sand filter* umumnya memiliki aliran air yang konstan yang melewati lapisan pasir dan batu kerikil, konstruksinya cukup besar dan digunakan untuk menjernihkan air pada sistem distribusi air perkotaan. Konsep tentang *slow sand filter* telah digunakan hampir selama masa peradaban berlangsung, namun telah banyak dilakukan penyempurnaan pada desainnya dan pengoperasiannya. *Biosand filter* merupakan sebuah modifikasi desain dari *slow sand filter*. *Biosand filter* biasanya berukuran lebih kecil dan dapat dioperasikan berselang-seling *(intermittently)*, cocok untuk digunakan skala rumah tangga. Lapisan *biofilm* pada kedua tipe saringan pasir harus diselimuti air secara konstan tetapi pada *biosand filter,* ketinggian air pada bagian atas pasir hanya sekitar 1 inchi karena aliran air yang berselang-seling membatasi suplai oksigen. Suplai oksigen sangat penting untuk menjaga *biofilm* tetap hidup dan berfungsi pada kedua tipe saringan pasir. *Slow sand filter* dapat berkapasitas kecil (50 gallon) atau besar (suplai air perkotaan). *Biosand filter* umumnya berkapasitas kecil (65 gallon atau kurang). Pada kedua jenis saringan pasir, pertumbuhan *biofilm* dapat memakan waktu sampai 3 minggu untuk dapat bekerja secara efektif pada saringan yang baru dibangun (David Tarsi, 2007).

**2.6.2 Sejarah**

*Biosand filter* dikembangkan oleh Dr. David Manz pada waktu beliau menjabat sebagai profesor dan peneliti di *University of Calagry* di Calagry, Alberta. *Biosand filter* mulai dikembangkan pada tahun 1990 dan terus dikembangkan, melibatkan beberapa orang dan organisasi yang aktif dalam menciptakan dan mengembangkan teknologi. Sementara penerapan dalam skala komersial dan komunitas telah dijumpai, penggunaan teknologi *biosand filter* terbesar terdapat di area yang ditujukan untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat (David Manz, 2007). Organisasi kemanusiaan *Samaritan’s Purse* telah mendirikan 70.000 saringan air di seluruh dunia (Our Work : Biosand Filter, 2007) dan baru-baru ini mereka memulai inisiatif yang disebut *Turn on the Tap* untuk mendirikan setidaknya 65.000 saringan air lagi pada tahun 2010 (Scott Drennan, 2007). Produksi *biosand filter* terbesar yang terbuat dari bahan plastik dimulai pada tahun 2007 oleh *International Aid Inc*, sebanyak 300.000 unit telah dijadwalkan untuk didistribusikan ke seluruh dunia pada tahun 2010 dimana 61.000 diantaranya direncanakan akan didistribusikan ke Honduras.

**2.6.3 Cara Kerja *Biosand Filter***

Pada umumnya, konstruksi *biosand filter* menggunakan beton, meskipun kostruksi *biosand filter* menggunakan bahan plastik yang sudah dipatenkan telah diuji dan didistribusikan oleh *HydrAid™* untuk tujuan kemanusiaan dan komersil. Batu kerikil dan pasir dilapiskan di dalam saringan dengan sambungan pipa PVC di dasar saringan. Air baku yang terkontaminasi yang berasal dari air hujan, air permukaan, atau air tanah dituangkan dari atas saringan melewati piringan yang menyebarkan aliran agar seragam dan menahan kontaminan yang besar (seperti : batu, dedaunan, ranting yang besar, dan sebagainya),yang biasa disebut *(diffuser plate)* (Scott Drennan, 2007).

**2.6.3.1 Mekanisme Penyisihan Kontaminan**

Sama dengan *slow sand filter*, penyisihan bakteri patogen yang terjadi pada *biosand filter* juga menggunakan kombinasi antara proses biologis dan fisik.

Pada saat air baku dituangkan ke atas saringan, materi organik yang terdapat dalam air baku terjebak di permukaan lapisan pasir halus yang membentuk lapisan biologis atau *schmutzdecke*. Dalam jangka waktu 1-3 minggu, mikroorganisme mengkoloni lapisan *schmutzdecke* dan limpahan nutrisi dan oksigen diperoleh dari air baku.

Terdapat empat proses pada *biosand filter* yang menyisihkan bakteri patogen dan kontaminan lainnya :

1. Pemangsaan *(predation)*

Mikroorganisme pada lapisan *schmutzdecke* memakan/mengkonsumsi bakteri dan mikroorganisme patogen lainnya yang terdapat dalam air baku, sehingga memberikan hasil pengolahan air yang sangat efektif.

1. Kematian alami *(natural death)*

Mikroorganisme patogen tersisihkan karena kekurangan nutrisi dan suhu yang lebih rendah dari suhu optimal.

1. Adsorpsi

Virus-virus teradsorpsi (menempel) pada butiran pasir. Begitu mereka menempel, virus-virus tersebut diuraikan oleh sel-sel atau di non-aktifkan oleh antivirus kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme pada saringan. Senyawa-senyawa organik tertentu juga teradsorpsi pada pasir dan tersisihkan dari air baku.

1. *Mechanical trapping*

Endapan, kuman, dan cacing disisihkan dari air baku dengan cara dijebak pada celah-celah butiran pasir. Saat diendapkan, saringan dapat menyisihkan beberapa senyawa anorganik dan logam-logam dari air baku. (Water & Sanitation Rotarian Action Group, 2007).

**2.6.3.2 Pematangan Lapisan Biofilm**

Lapisan *biofilm* memerlukan waktu untuk tumbuh secara alami. Waktu yang diperlukan kurang lebih 2-3 minggu. Palmateer *et al* (1998) melakukan pengukuran terhadap pertumbuhan *biofilm* dan diketahui bahwa pertumbuhan *biofilm* pada temperatur 21⁰C memakan waktu selama 16 hari untuk tumbuh sebanyak 85-90%. Mereka mencatat bahwa jika menggunakan air baku yang mengandung nutrisi yang cukup, maka pertumbuhan *biofilm* akan semakin cepat dan saringan akan beroperasi lebih efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Elliott *et al* (2008) menunjukkan bahwa reduksi mikroorgnisme bertambah dari waktu ke waktu diiringi dengan pematangan, tetapi peningkatan reduksi tercatat setelah 30 hari. Reduksi mikroorganisme terus meningkat bahkan sampai hari ke-53 selama penelitian. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu, semakin baik pertumbuhan mikroorganisme dan pematangan mikroorganisme dapat memakan waktu.

Berikut adalah beberapa faktor yang dapat menjaga agar mikroorganisme pada *biofilm* dapat tumbuh dan bertahan hidup :

1. Mempertahankan lapisan pasir agar tetap basah.

Lapisan pasir harus dijaga agar tetap basah. Permukaan lapisan pasir dapat dijaga agar tetap basah melalui desain dari saringan pasir itu sendiri, dimana tinggi saluran keluarnya air *(outlet)* didesain agar berada di atas lapisan pasir. Hal ini selalu dapat memastikan agar permukaan pasir tidak kekeringan (Eric Fewster et.al, 2004).

1. Suplai makanan/nutrisi.

Diperlukan adanya suplai makanan/nutrisi pada air baku. Mengalirkan saringan dengan air baku yang mengandung nutrisi yang cukup dapat memastikan proses filtrasi biologis yang lebih efisien (Palmateer et al, 1999).

1. Suplai oksigen.

Diperlukan adanya suplai oksigen. Oksigen digunakan dalam metabolisme terhadap komponen yang dapat didegradasi secara biologi *(biodegradable)*, serta penyisihan mikroorganisme patogen. Apabila suplai oksigen berkurang sampai nol selama proses filtrasi, maka akan menimbulkan kondisi anaerob yang mengakibatkan dihasilkannya hidrogen sulfida (H2S), amoniak (NH3), dan substansi-substansi lain yang menghasilkan rasa dan bau pada air, selain itu juga menghasilkan besi dan mangan terlarut yang dapat mengakibatkan air yang sudah diolah tidak dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Dengan demikian, kandungan oksigen rata-rata pada air yang disaring tidak boleh kurang dari 3 mg/l jika ingin agar kondisi anaerob dapat diabaikan pada seluruh lapisan pasir (Huisman and Wood, 1974). Ketentuan ini dapat menyebabkan dibutuhkannya proses aerasi untuk meningkatkan kandungan oksigen atau pra-pengolahan untuk menurunkan kebutuhan oksigen pada air yang diolah.

*Waktu kontak*

Untuk mendapatkan hasil oksidasi biokimia dari materi organik yang diharapkan pada *biofilm*, maka waktu kontak dengan permukaan pasir harus dapat dipertahankan dalam waktu yang lama.

Penelitian yang dipublikasikan oleh Elliott *et al* (2008) dan dilakukan oleh *University of North Carolina* mengkonfirmasikan tentang pentingnya waktu tinggal air di dalam filter. Selama 6-8 minggu mengadakan pengkajian tentang *biosand filter*, mereka menemukan bahwa kemampuan saringan dalam menyisihkan konsentrasi mikroba dalam air tergantung pada :

1. Banyaknya waktu yang diperlukan oleh permukaan pasir untuk menjadi matang, dan
2. Volume air yang dimasukkan ke dalam filter setiap harinya.

Perihal banyaknya air yang dimasukkan ke dalam filter, mereka menemukan bahwa reduksi mikroorganisme bertambah besar seiring dengan lamanya waktu tinggal dalam filter, terutama pada air yang tertahan pada filter semalaman. Para peneliti menunjukkan hal ini dengan mengambil sampel dari air yang difiltrasi pada beberapa tahap pada saat filter dioperasikan kembali *(re-started)* setelah waktu jeda *(pause time)*. Penurunan kualitas filtrat yang signifikan tercatat setelah batas volume pori tersaring, dimana pada kasus mereka adalah 18,3 liter. Hal ini menunjukkan bahwa air yang tinggal di dalam filter selama waktu jeda memiliki kualitas yang lebih baik dan hal ini terutama disebabkan karena peningkatan waktu kontak untuk proses biologi dan kimia pada pasir.

*Pengaruh temperatur*

Temperatur air tidak boleh menurun terlalu rendah untuk mendapatkan hasil oksidasi biokimia pada materi organik yang diharapkan pada lapisan *biofilm*. Temperatur yang rendah dapat juga menurunkan efisiensi *biosand filter* karena temperatur berpengaruh terhadap kecepatan reaksi kimia dan laju metabolisme bakteri dan mikroorganisme lain.

Pada temperatur rendah, aktivitas bakteri memakan protozoa dan nematoda menurun drastis. Pada waktu yang bersamaan, metabolisme pada pencernaan bakteri itu sendiri menjadi lambat, hal ini meningkatkan kesempatan hidup bagi mikroorganisme dan bahan-bahan lain yang terbawa melewati permukaan pasir (Eric Fewster et.al, 2004).

*Populasi biologi*

Lapisan *biofilm* terdiri dari beberapa jenis mikroorganisme. Mikroorganisme ini termasuk alga, bakteri, protozoa, dan invertebrata kecil. Jenis dan jumlah mikroorganisme dari masing-masing spesies secara spesifik diadaptasikan dengan karakteristik sumber air yang masuk dan kondisi lingkungan filter (Buzunis, 1995).

Perbedaan jenis mikroorganisme dapat ditemukan pada kedalaman yang berbeda-beda di bawah permukaan filter, air yang benar-benar mengandung mikroorganisme mendominasi pada level yang lebih dalam. Hal ini mengindikasikan adanya pembagian daerah-daerah pada lapisan filter. Masing-masing kumpulan bakteri spesifik memberikan pengaruh baik yang berbeda-beda (Eric Fewster et.al, 2004).

* + - 1. **Perawatan dan Pembersihan *Biosand Filter***

Seiring dengan berjalannya waktu, permukaan media filter yang digunakan akan tertutupi oleh material-material organik dan anorganik yang akan menyumbat pori-pori media dan menurunkan laju aliran air yang melalui *biosand filter*. *Biosand filter* tidak mampu menunjukkan perubahan dari air baku, aliran air menurun secara bertahap karena pori-pori media tersumbat. Air baku tidak dapat melewati media filter yang berfungsi untuk mengolah air tersebut. Pada kenyataannya, menurunnya laju aliran yang melewati *biosand filter* mengakibatkan penurunan kualitas air yang difiltrasi (David Manz, 2007).

Penggunaan *biosand filter* secara terus menerus *(continue)* menyebabkan terbukanya pori antara butiran pasir dan kemudian dapat terjadi penyumbatan. Akibatnya, laju aliran air yang melalui filter menjadi berkurang.

Ketika hasil olahan filter tidak memuaskan atau tidak seperti yang diharapkan (terlalu rendah), maka diperlukan pembersihan media filter. Berikut ini adalah tahap-tahap sederhana yang dapat dilakukan untuk membersihkan media filter :

1. Reaktor diisi dengan air baku kurang lebih setengah penuh dengan kondisi *diffuser plate* tetap pada tempatnya.
2. *Diffuser plate* dilepaskan untuk memudahkan pembersihan media filter.
3. Aduk permukaan media filter, bisa dilakukan dengan tangan atau dengan alat bantu. Pengadukan dilakukan pada kedalaman kurang dari 1 cm, karena bagian yang tersumbat hanya sedalam 1 cm dari permukaan media. Kecepatan adukan juga harus dijaga, jangan terlalu cepat karena akan mengakibatkan turbulensi dan agitasi media penyaringan.
4. Media pasir dapat dibiarkan menetap selama beberapa detik.
5. Air yang mengandung materi tersuspensi disisihkan dengan sendok atau mangkuk.
6. Permukaan media filter ditingkatkan.
7. *Diffuser plate* diletakkan kembali dan filter siap digunakan (David Manz, 2007).

Untuk membersihkan filter, permukaan pasir harus digoncangkan. Dengan cara demikian dapat menyingkirkan material yang tertangkap pada permukaan air. Air yang kotor dapat dengan mudah disisihkan dengan menggunakan wadah kecil. Proses ini dapat diulang berkali-kali selama diperlukan untuk mendapatkan kembali laju aliran yang diinginkan.

Setelah pembersihan, pembentukkan kembali lapisan *biofilm* berlangsung, dengan cepat mengembalikan efisiensi penyisihan ke tingkat sebelumnya.

* + 1. **Keuntungan dan Kerugian *Biosand Filter***

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dan kerugian yang dimiliki oleh *biosand filter* :

Keuntungan *biosand filter* :

1. Efektif

*Biosand filter* merupakan instalasi pengolahan yang dapat berdiri sendiri dan sekaligus dapat memperbaiki kualitas air olahannya secara fisika, kimia, biologi, dan bahkan dapat menghilangkan sama sekali bakteri patogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter yang dilakukan dengan baik dan benar.

1. Murah

Karena pada dasarnya saringan pasir lambat tidak memerlukan energi dan bahan kimia serta pembuatan alat yang tidak memerlukan biaya besar, maka biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

1. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaannya murah dan tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan memiliki keterampilan khusus (berkaitan dengan pembersihan dan perawatan *biosand filter*), maka *biosand filter* dapat dan cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara-negara yang sedang berkembang.

Kerugian *biosand filter* :

1. Sangat sensitif terhadap variasi pH air baku.
2. Waktu pengendapan air baku cukup lama, sehingga proses filtrasi juga akan berlangsung lama apabila digunakan untuk kapasitas yang besar.
3. Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual, sehingga akan membutuhkan tenaga manusia.
4. Tidak mampu menangani air baku dengan kekeruhan yang tinggi.
	1. **Penelitian – penelitian Terdahulu**

Adapun beberapa penilitian yang telah dilakukan sebelumnya baik penelitian mengenai pengolahan limbah cair tahu maupun penelitian mengenai pengolahan limbah menggunakan reaktor *biosand filter*.

1. Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu oleh A’tina Fatha (Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang, 2007).

Penelitian dilakukan dengan variasi massa zeolit aktif (1,2;1,4;1,6;1,8 dan 2 gram dalam 10 ml limbah tahu) dan variasi suhu limbah (50º, 40º, dan 30º). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan BOD yang paling optimum adalah sebesar 90,0826% dengan massa optimum zeolit aktif adalah 1,8 gram. Sedangkan penurunan COD yang paling optimum adalah sebesar 19,1589% dengan massa optimum zeolit aktif adalah 1,6 gram. Penurunan BOD dan COD optimum terjadi pada suhu 30º dengan persentase 23,9669% dan 15,0641%.

1. Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada Limbah *Laundry* dengan Menggunakan Reaktor *Biosand Filter* disertai dengan Reaktor *Activated Carbon* oleh Diana Puspita (Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2008).

Penelitian ini menggunakan 2 buah reaktor *biosand filter* dan 4 buah reaktor karbon aktif dengan ketebalan media yang berbeda. Media yang digunakan pada reaktor *biosand filter* adalah pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Dimensi reaktor *biosand* filter yang digunakan adalah 30 x 30 x 100 cm3, sedangkan dimensi reaktor karbon aktif adalah 15 x 15 x 75 cm3. Reaktor *biosand filter* 1 memiliki ketebalan media pasir halus 40 cm, pasir kasar 15 cm, dan kerikil 15 cm. Reaktor *biosand filter* 2 memiliki ketebalan media pasir halus 30 cm, pasir kasar 25 cm, dan kerikil 15 cm. Sedangkan ketebalan media karbon aktif adalah 30 cm dan 60 cm yang ditempatkan terpisah dari reaktor *biosand filter*. Adapun mekanisme pengolahan limbah yang dilakukan adalah air limbah dialirkan ke reaktor *biosand filter* kemudian diteruskan ke 2 reaktor karbon aktif. Waktu pengambilan sampel dilakukan setiap 2 hari sekali selama 26 hari setelah tebentuknya *biofilm*. Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah efisiensi penyisihan konsentrasi TSS pada variasi media *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (30) sebesar 68%, sedangkan pada *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (60) sebesar 73%. Pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (30) efisiensi penyisihan TSS yang dihasilkan adalah sebesar 78%, sedangkan pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (60) sebesar 69%.

1. Penurunan Kadar Deterjen pada Limbah Cair *Laundry* dengan Menggunakan Reaktor *Biosand Filter* yang diikuti Reaktor *Activated Carbon* oleh Muhammad Arif Pratama (Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2008).

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini sama dengan yang dilakukan oleh Diana Puspita pada penelitiannya. Waktu pengambilan sampel dilakukan setiap 2 hari sekali selama 30 hari setelah tebentuknya *biofilm*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah efisiensi penyisihan deterjen pada variasi media *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (30) sebesar 73,85%, sedangkan pada *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (60) sebesar 98,05%. Pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (30) efisiensi penyisihan deterjen yang dihasilkan adalah sebesar 64,54%, sedangkan pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (60) sebesar 85,95%.

1. Penurunan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Air Limbah *Laundry* dengan Menggunakan Reaktor *Biosand Filter* diikuti dengan Reaktor *Activated Carbon* oleh Tri Anna Sukawati (Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2008).

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini sama dengan yang dilakukan oleh Diana Puspita pada penelitiannya. Waktu pengambilan sampel dilakukan setiap 2 hari sekali selama 30 hari setelah tebentuknya *biofilm*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah efisiensi penyisihan COD pada variasi media *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (30) sebesar 77,78%, sedangkan pada *biosand filter* 1 (40:15:15) – karbon aktif (60) sebesar 83,33%. Pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (30) efisiensi penyisihan deterjen yang dihasilkan adalah sebesar 87,50%, sedangkan pada *biosand filter* 2 (30:25:15) – karbon aktif (60) sebesar 87,50%.