Pengelolaan Air Limbah:
TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

MOH. SHOLICHIN
Jurusan Teknik Pengairan, **Universitas Brawijaya**

MODUL

2

1. Peahuluann 2. Dampak negative air limbah 3. Ambang Batas Pencemar	4. Pengolahan limbah cair 4.1. Pengolahan limbah menurut tingkatannya 4.2. Pengolahan limbah menurut karakteristiknya

1. PENDAHULUAN

1.1. Definisi

Dalam pengolahan air limbah, dikenal beberapa istilah yang harus diketahui, antara lain;

Air limbah, yaitu kotoran dari masyarakat, rumah tangg4 indutri yang merupakan buangan yang bersifat umum.

Bangunan air limbah, yaitu kelompok bangunan yang digunakan untuk mengolah atau memproses air limbah menjadi air yang masih berguna atau kadar bahayanya menjadi berkurang (dapat ditekan seminimal mungkin)

Influent, merupakan air yang masuk ke salah satu bagian dari bangunan pengolah atau dari bangunan pengolah secara keseluruhan.

Effluent, adalah air yang keluar dari ke salah satu bagian dari bangunan pengolah atau dari bangunan pengolah secara keseluruhan.

Bahan organik (organic matter), adalah zat yang umumnya merupakan bagian dari binatang atau tumbuhan dengan komposisi utamanya berupa karbon, oksigen, hidrogen dan nitrogen. Bahan organik ini mudah busuk oleh aktivitas bakteri.

BOD (Biochemical Oxygen Demand), adalah banyaknya 02 dalam miligram per liter yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri sehingga air menjadi jernih.

COD (Chemical Oxygen Demand) adalah banyaknya 02 dalam miligram per liter yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi dengan $K_2Cr_2O_7$ sebagai sumber oksigen.

Suspended Solid, merupakan zat tercampur yang akan mengendap dengan sendirinya pada kondisi yang tenang akibat gaya gavitasi.

Lumpur (sludge), adalah jumlah endapan yang tersisa dari partikel padat setelah mengalami pengendapan.

Oksidasi, merupakan reaksi suatu zat yang mengunakan oksigen sedangkan reduksi merupakan reaksi kimia yang menghasilkan oksigen

Aerobik adalah proses penguraian atau pembusukan bahan organik oleh baheri dengan kondisi terdapat oksigen didalamnya, sebaliknya anaerobic kondisinya tanpa oksigen

Koagulan (bahan penggumpar), yaitu bahan kimia yang ditambahkan dalam air limbah sehingga partikel-partikel halus dalam air limbah saling mengikat membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar sehingga lebih cepat mengendap

Waktu penahanan (delention time) adalah waktu rata-rata perlakuan terhadap zat cair yang menjadi pokok pengolahan pada suatu tahap pengolahan sehingga tujuan dari pengolahan dapat dicapai secara optimal.

1.2. Karakteristik Air Limbah

Air limbah adalah air dari suatu daerah pemukiman yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan, harus dikumpulkan dan dibuang untuk menjaga lingkungan hidup yang sehat dan baik (Tchobanoglous, 1991). Berdasarkan persenyawaannya yang terkandung dalam air limbah, maka sifat air dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu; (Sugihaao, 1987)

1. Sifat fisik
2. Sifat kimia
3. Sif'at biologis

Dengan pengamatan dari ketiga sif'at tersebut secara seksama akan sangat berguna dalam rnenetapkan jenis parameter pencemar yang terdapat didalamnya.

1). Parameter fisik

Sifat fisik dapat dilihat dengan mata dan dirasakan secara langsung, missal dengan memperhatikan kekeruban, bau, temperatur dan warna dari air.

- **Kekeruhan**
  Terdiri dari benda kasar yang mengendap atau tidak terlarut dan benda tercampur/tersuspensi. Misal : partikel di atas ukuran 10 mikron (10^{-4} mikro) dapat disaring atau diendapkan, sedangkan ukuran di bawah 1 mikron memerlukan satu atau lebih cara pemisahan yang lebih tinggi.
  Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang mengakibatkan terbatasnya cahaya yang masuk ke dalam air. Hal ini tefadi karena adanya bahan terapung lumpur yang melayang dan juga terurainya zat-zat terentu seperti bahan organic dan jasad renik.

- **Bau**
  Timbul karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menguraikan zat organik atau dari reaksi kimia yang terjadi dan menghasilkan gas tertentu. Bau biasanya timbul pada limbah yang sudah lama, tetapi ada juga yang muncul pada limbah baru misalnya limbah kulit atau limbah penyedap rasa. Pembusukan air limbah adalah merupakan sumber dari bau air limbah (Sugiharto, 1987). Hal ini disebabkan karena adanya zat organik terurai secara tidak sempurna dalam air limbah (Yazied, 2009).

- **Warna**
  Warna dapat berasal dari zat pewama. Warna juga merupakan ciri kualitatif untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika coklat, umur air kurang dari 6 jam. Wama abu-abu muda, abu-abu setengah tua tandanya air sedang mengalami pembusukan oleh bakteri. Jika abu-abu tua - hitam berarti sudah busuk akibat bakteri. Warna adalah ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk

mengkaji kondisi umum air limbah. Air buangan industry serta bangkai benda organis yang menentukan warna air limbah itu sendiri (Sugiharto, 1987).

- **Suhu**
  Suhu dari air limbah sangat berpengaruh terhadap kecepatan reaksi kimia dan tata kehidupan dalam air. Pembusukan terjadi pada suhu tinggi serta tingkat oksidasi yang juga lebih besar. Pengukuran suhu penting karena umumnya instalasi pengolah air limbah meliputi proses biologis yang bergantung suhu. Suhu air limbah biasanya lebih tinggi daripada air bersih, karena adanya tambahan air hangat dari perkotaan (Tchobanoglous, 1991).

2). Parameter kimia

Air limbah tentunya mengandung berbagai macam zat kimia. Bahan organik pada air limbah dapat menghabiskan oksigen serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih (Sugiharto, 1987). Pengujian kimia yang utama adalah yang bersangkutan dengan amonia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik dan fosfor anorganik (Tchobanoglous, 1991). Bahan kimia yang terdapat dalam zat cair menentukan tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan. Semakin besar jumlah zat kimia yang terkandung maka senrakin terbatas penggunaan air tersebut. Sifat kimia terdiri dari kimia organik dan kimia anorganik. Yang tennasuk kimia organik adalah zat kimia yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) atau dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Kimia anorganik adalah zat kimia yang tidak mengandung unsur tersebut diatas, antara lain besi (Fe), crom (Cr), mangan (Mn), belerang (S) dan logarn bera seperti timbal (Pb).

- **Derajat keasaman (pH)**
  Konsentrasi ion H^- adalah ukuran kualitas air yang menunjukkan derajat keasaman air. pH yang baik berkisar antara 6 - 8 (netral :7). Semakin kecil nilai pH maka air tersebut akan semakin asam.

- **Nitrogen**
  Nitrogen dalam air limbah umumnya terdapat dalam bentuk organik yang kemudian oleh bakteri akan dirubah menjadi amonia. Kondisi aerobik akan mengubah amonia menjadi nitrat dan nitrit.

- **Sulfat**
  Sulfat dapat diubah menjadi sulfit dan hidrogen sulfida (H2S) oleh bakteri pada kondisi anaerob. H2S bersifat racun dan berbau busuk. H2S dalam kondisi aerob teroksidasi secara bakteriologis menjadi asam sulfat. Gas H2S yang tercampur dengan gas air limbah (CH2 a CO2) mempunyai sifat korosif

- **Phospat**
  Tingginya kandungan phosphat akan merangsang pertumbuhan tumbuhan air yang berakibat 02 yang terlarut dalam air sungai berkurang. Senyawa ini umumnya berasal dari sisa deterjen.

- **Karbohidrat dan protein**
  Karbohidrat dapat berupa selulosa. Pada protein memiliki senyawa kompleks yang hengandung unsur N. Kedua bahan ini mudah diuraikan oleh bakteri.

- **Lemak dan minyak**
  Dapat ditemukan mengapung di atas air. Lemak merupakan senyawa ester dari turunan alkohol. Kedua bahan ini sangat sulit diuraikan oleh bakteri namun dapat dihidrolisasi oleh Alkali sehingga menjadi senyawa yang mudah larut.

- **BOD (Biochemical Oxygen Demand)**
  Dalam zat buangan terkandung zat orgmik dari unsur C, H, dan O dengan. unsur tambahan N, S dan lainnya. Angka BOD merupakan parameter pencemar air limbah yang dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah.

- **COD (Chemical Oxygen Demand)**
  COD merupakan bentuk lain untuk mengukur kebutuhan 02 yang digunakan dalam reaksi kimia anorganik. Oleh karena itu dibutuhkan bantuan yang kuat dalam kondisi asam. Nilai COD > BOD, diukur pada senyawa organic yang dapat diuraikan maupun senyawa anorganik yang tidak dapat teruraikan. Besamya perbandingan COD dan BOD tergantung ada atau tidaknya zat racun yang mengganggu kerja bakteri. Oksigen terlarut Adalah merupakan banyaknya oksigen terlarut yang terkandung di dalam air dengan satuan mg/lt.

3). Ciri-ciri biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada di dalam air limbah (Sugiharto, 1987). Berbagai jenis bakteri yang terdapat di dalam air limbah sangat berbahaya karena menyebabkan penyakit. Kebanyakan bakteri yang terdapat dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik (Tchobanoglous, 1991). Parameter ini merupakan salah satu cara guna mengukur kualitas air, terutama bagi kebutuhan air minum. Dapat juga digunakan untuk memperkirakan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke sungai. Untuk mengkaji layak atau tidaknya hasil olahan dibuang ke perairan (sungai atau danau) biasanya digunakan senyawa kloroform. Zat ini juga dapat digunakan untuk menguji efektivitas proses klorinisasi serta menguji kemungkinan adanya bakteri yang bersifat patogen. Adanya mikroorganisme mempunyai peran yang sangat penting dalam proses pembusukan bahan organik. Mikroorganisme tersebut antara lain:

A. Bakteri

Merupakan organisme kecil bersel satu dengan ukuran 0.5-3 mikron yang menggunakan bahan organik sebagai bahan makanan. Semakin banyak bahan organik yang tersedia maka pertumbuhan bakteri juga akan semakin cepat hingga persediaan makanan tersebut menjadi habis. Dengan ukuran yang sekecil itu maka bakteri bisa terdapat di air, tanah dan udara.
Bakteri ada yang bersifat patogen dan non patogen. Contoh bakteri patogen antara lain; Salmonella spp, bakteri coli, Salmonella typusa dll, sedangkan yang non patogen antara lain; Azotobaher dan Nitrobaker. Hal-hal yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri antara lain :

1. Suhu. Suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri adala 2/-38'C. Namun ada juga bakteri tertentu yang mamFr tumbuh dengan baik pada suhu dibawah ataupun diatas suhu optimum.
2. Kelembaban. Kelembaban sangat mendukung pertunbuhan bakteri.Sinar matahari, dapat menghambat pertmbuhan bakteri. Pada media yang

terkena sinar matahari langsung dengan kandmgen sinar ultraviolet yang ada didalamnya dapat merusak dinding sel bakteri.

3. Zat kimia. Beberapa zat kimia tertentu dapat menyebabkan larutnya dinding sel bakteri sehingga dapat membunuh bakteri

B. Jamur dan ganggang

Jamur juga mampu menguraikan bahan organik. Karena tidak melakukan proses fotosintesis, jamur dapat tumbuh di daerah lembab dengan pH rendah dimana pada kondisi tersebut bakteri sulit untuk bertahan hidup. Ganggang berbeda dengan jamur dan bakteri. Karena mampu melakukan fotosintesis, maka ganggang dapat menghasilkan oksigen.

1.3. Bahan organik dalam air limbah

Ukuran utama (sering disebut parameter) yang dipakai untuk menunjukkan ciri bahan organik dalam air limbah meliputi BOD (kebutuhan oksigen biokimia), COD (kebutuhan oksigen kimiawi), serta TOC (karbon organik total)

A. Kebutuhan oksigen biokimia (BOD)

Pengujian BOD adalah yang paling umum dipergunakan dalam bidang pengolalan limbah. Bila terdapat oksigen dalam jumlah cukup, maka pembusukan biologis secara aerobik dari limbah organik akan terus berlangsung sampai semua bahan organik yang ada habis. Bila hanya oksidasi pada karbon organik dalam air limbah saja yang diperhitungkan, maka BOD tertinggi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan air limbah. Kebutuhan oksigen ini dikenal sebagai BOD arang atau BOD tingkat pertama yang biasanya diberi simbol BODL.

Pada pengujian baku untuk BOD, suatu contoh diencerkan dengan air yang sudah diketahui jumlah oksigen terlarut serta nutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan biologisnya. Kehilangan oksigen setelah contoh diintubasi serama 5 hari pada 200C dikenal sebagai BOD5. Karna pada pengujian yang terjadi merupakan proses biokimia, maka laju pengeluaran BOD sangat bergantung pada suhu serta bahan organiknya.

Mengingat kesukaran untuk membuat model yang tepat untuk reaksi BOD yang sangat kompleks, maka biasanya digunakan reaksi tingkat pertama. Pada model ini diasumsikan bahwa laju pengeluaran BOD hanya tergantung pada jumlah bahan organik yang masih tersisa pada saat t. Mata,

$$dL/dt = K1.Lt$$

dimana K1 = konstanta reaksi tingkat pertama

Lt = jumlah limbah yang tersisa pada saat t (hari) dinyatakan padanan oksigen

Jumlah sisa pada setiap waktu r dapat dicari dengan mempertimbangkan bentuk integrasi dari persamaan (2-l), yaitu;

$$Lt = L\,(10^{-k1t})$$

di mana L : BOD total atau BOD tertinggi

BOD yang diketuarkan sampai waktu r adalah

$$Y = L - L_t$$

Dengan mengganti Lt didapatkan:

$$Y = L - L\,(10^{-k1t}) = L\,(1 - 10^{-k1t})$$

Persamaan (2 - 4) adalah ungkapan baku yang dipergunakan untuk menyatakan BOD air limbah. Nilai $K_{1\ 20}$ biasanya berkisar antara 0.05 sampai 0.20 per hari. Untuk buangan proses biologis kisarannya antara 0.05 s/d 0.10 per hari. Telah diketahui bahwa K_1 bervariasi menurut suhunya, yaitu sebagai

$$K_{1\,T} = K_{1\,20}\ 1.047^{\,T-20}$$

Persamaan ini bersama persamaan sebelumnya memungkinlan untuk mengubah hasil pengujian dari jangka waktu yang berbeda dan suhu yang berbeda ke pengujian baku 5 hari 20 ^{0C}. Harga 5 hari dipakai karena pengujian tersebut dikembangkan di inggris di mana waktu terlama dari aliran pada kebanyakan sungai dari mata air ke laut adalah 5 hari.
Nitrifikasi adalah masalah lain dari rngujian BOD. Pengaruh nitrifikasi dapat diatasi dengan pemakaian berbagai bahan kimia untuk menahan reaksi nitrifikasi atau dengan mengolah contoh untuk mengurangi organisme pembantu nitrifikasi. Pasteurisasi dan klorinasi merupakan dua cara yang dapat digunakan.

B. Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)

Pengujian COD dipergunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat diokidasi secara kimia dengan menggunaan dichromat pada larutan asam. Meskipun diharapkan bahwa nilai BOD tertinggi akan mendekati COD, namun hal itujarang terjadi dalam pmktek. Sebab terjadinya perbedaan tersebut antara lain :

- banyak zat-zat otganik yang dapat dioksidasi secara kimiawi tapi tidak secara biologis
- zat-zat anorganik yang dioksidasi dengan dichromat menaikkan kandungan zat organik yang Nampak
- zat-zat organik tertentu yang mungkin merupakan racun bagi mikroorganisme
- nilai COD yang tinggi mungkin terjadi karena adanya zat-zat pengganggu

Dari segi pandangan operasional, salah satu keuntungan utama dari pengujian COD adalah bahwa ia dapat diselesaikan dalam waktu kira_kira 2.5 jam bahkan setelah dikembangkan pengujian COD secara tepat hanya memakan waktu15 menit (bandingkan dengan pengujian BOD yang 5 hari atau lebih).

C. Karbon organik total (TOC)

Pengujian TOC dipergunakan untuk menentukan jumlah karbon organic total dalam contoh. TOC air limbah dapat dipergunakan sebagai ukuran tentang ciri-ciri pencemarannya. Pengujian TOC juga menguntungkan karena hanya memakan waktu 5 hingga 10 menit.

2. Dampak negatif dari air limbah

Karena air limbah adalah benda sisa mka berarti merupakan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Meskipun sudah tidak digunakan lagi bukan berarti sudah tidak perlu ditangani, karena itu tidak dikelola dengan baik maka dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan akan merugikan atau bahkan membahayakan manusia, diantaranya;

A. Gangguan pada kesehatan

Air limbah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena mengadung zat kimia berbahaya dan dapat menjadi media pembawa bakteri yang bersifat patogen. Contoh penyakit yang umum terjadi antara lain; kolera, radang, usus, disentri, hepatitis dan lain lain yang biasanya disebabkan bakteri maupun virus.
Adapun zat kimia berbahaya diantaranya krom yang dapat menyebabkan kanker kulit, sulfida yang menimbulkan bau menyengat, sianida yang menyebabkan keracunan atau bahkan kematian dan masih banyak unsur atau senyawa berbahaya lainnya yang merugikan kesehatan manusia.

B. Gangguan terhadap lingkungan/ekosistem

Dengan adanya zat pencemar yang terkandung dalam air limbah terutama zat organik, akan berakibat menurunnya kadar oksigen dalam air sehingga dapat mengganggu kehidupan biota air. Kurangnya ketersediaan oksigen terlarut dapat membunuh kehidupan biota air. Selain itu adanya zat kimia berbahaya juga dapat meracuni mahluk hidup dalam air.

Efek lain yang timbul yaitu adanya bau busuk menyengat yang ditimbulkan akibat proses pembusukan. Warna air menjadi kotor/hitam menganggu pemandangan. Jika limbah tersebut mengandung karbondioksida agresif akan bersifat korosif.

3. Ambang Batas Pencemar

Setelah mengalami pengolahan, air limbah akan dibuang ke sungai atau danau. Nilai atau besamya ambang batas pencemar ditetapkan sebagai standar baku mutu air limbah.

Adapun syarat buangan air limbah adalah :

- tidak melebihi baku mutu air limbah yang diretapkan
- tidak mengakibatkan menuruntrya golongan air menurut peruntukannya dimana limbah tersebut dibuang Berdasarkan Keputusan Gubemur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, maka baku mutu air limbah digolong dan

Berdasarkan kegunaamya dan berdasarkan tempat pembuangannya Menurut kegunaannya air digolongkan menjadi.

1. Baku mutu golongan A
   yaitu air sumber yang langsung dapat diminum tanpa diolah
2. Baku mutu golongan B
   yaitu air yang digunakan untuk rumah tangga lainnya
3. Baku mutu golongan C
   diolah menjadi air minurn dan keperluan yaitu air yang digunakan untuk keperluan perkebunan dan peternakan
4. Baku mutu golongan D
   yaitu air untuk pertanian dan dapat digunakan untuk perkotaan, industri dan PLTA
5. Baku mutu golongan E
   yaitu air yang tidak dapat digunakan untuk keperluan seperti tersebut pada golongan A,B,C dan D

Sedangkan baku mutu air limbah menurut tempat pembuangannya dibedakan menjadi :

1. Air limbah golongan I, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan B
2. Air limbah golongan II, yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan C
3. Air limbah golongan III,yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan D
4. Air limbah golongan IV,yaitu air limbah yang dibuang ke dalam air golongan E

4. Pengolahan limbah cair

Tujuan pengolahan air limbah adalah mengurangi BOD, partikel terlarut, membunuh mikoorganisme yang bersifat patogen s€rta menetralkan atau menekan seminimal mungkin zat kimia yang bersifat racun pengolahan limbah dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi.

4.1. Pengolahan limbah menurut tingkatannya

Tingkatan pengolahan limbah tergantung dari jenis dan kondisi limbah. Adapun secara umum pengolahan menurut tingkatannya dibagi menjadi empat bagian utama yaitu ; (Bambang 1991)

1). Pengolahan Pendahuluan

Dalam air limbah terkandung padatan terapung atau melayang. Padatan ini dapat berupa lumpur, pasir sisa kain, sisa kulit dan sebagainya. Umumnya bahan tersebut mudah dilihat dengan mata biasa karena mengakibatkan air menjadi kotor. Untuk mengatasinya digunakan saringan berbahan kawat baja yang dianyam atau jeruji besi. Ukuran saringan juga bervariasi, yaitu saringan kasar (d. 50 mm), saringan sedang (d. 12mm - 40mm), dan saringan halus (d. l.6 mm – 3 mm).

2). PengolahanPenama (primary treatment)

Padatan kotor dan terlarut yang tidak terjaring pada pengolahan pendahuluan perlu dihilangkan guna memudahkan proses pengolahan selanjutnya. Untuk membersihkan padatan yang tersisa dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara fisik dan secara kimia. Pengolahan secara fisik melalui pengendapan dengan menyediakan kolam dengan luas tertentu, sedangkan secara kimia adalah dengan menambahkan zat kimia yang bersifat koagulan untuk mempercepat proses pengendapan. Jadi pengendapan adalah kegiatan uama pada tahap ini.

3) Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pada tahap ini yang terjadi tebih banyak proses biologis. Tujuannya mengurangi zat organik melalui biokimia oksidasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Proses ini oleh beberapa faktor diantaranya jumlah air buangan dan luas areal. Dalam tingkat ini digunakan unit aerasi, reaktor lumpur aktif dan kolam stabilisasi

4) Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Tahap ini dilakukan untuk menghilangkan senyawa kimia anorganik seperti Calsium, Kalium, Sulfat, Nitrat, Sulfur sena senyawa kimia organik. Proses fisika, kimia, biologi yang terjadi pada pengolahan tingkat ini antara lain; filtrasi, destilasi, pengapungan, pembekuan, striping dan lain lain.

4.2. Pengolahan limbah menurut karakteristiknya

Menurut sifat limbah, maka proses pengolahannya dapat digolongkan menjadi 3 yaitu proses fisika, kimia dan biologis. proses ini tidak hanya berjalan sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

1) Metode pengolahan secara fisik

Metode-metode pengolahan secara fisik meliputi penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi. Kecuali untuk filtrasi, masing-masing operasi satuan ini ada pada kebanyakan instalasi pengolahan modem.

Penyaringan

Tujuan utamanya adalah untuk memisahkan padatan tidak terlarut dan bahan kasar lain dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran saringan juga bervariasi, yaitu saringan kasar (d. 50 mm), saringan sedang (d. 12mm - 40mm), dan saringan halus (d. 1.6mm-3mm). Bahan saringan umumnya

adalah kawat baja yarig dianyam atau jeruji besi. Penyaringan akan membuang sekitar 20% bahan padat terapung yang ada dalam air limbah.

Pengecilan ukuran

Padatan kasar dihaluskan agar menjadi kecil dengan menggunakan alat pencacah. Karena ukuran bahan padat diperkecil, maka mereka akan lolos melalui saringan menuju pengolahan selanjutnya. Alat pengecil ukuran ini dapat memecahkan persoalan pembuangan bahan saringan-Pembuangan serpih Kolam serpih yang direncanakan secara khusus digunakan untuk membuang partikel-partikel anorganik (berat jenis kira-kira 1.6 - 2.65), misalnya pasir kerikil, kulit telur, tulang dan lain-lain. Tujuan kolam ini lebih utama untuk mencegah kerusakan pompa dan untuk mencegah penumpukan bahan tersebut diatas di dalam kolam lumpur aktif.

Pengendapan

Fungsi utama dari kolam pengendapan dalam pengolahan air limbah adalah untuk membuang bahan terlarut yang besar dari air limbah yang masuk. Proses pengendapan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

A. Discrete Settling

Proses pengendapan yang terjadi yaitu pengendapan pertikel tanpa mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat partikel. Kecepatan pengendapan dari partikel dapat didekati dengan rumus persamaan Stoke :

$$vs = \frac{\rho s - \rho t}{18\upsilon} g.D$$

Dengan : vs : kecepalan partikel mengendap (m/dt)
ls : spesifik gravity partikel
pt : spesifik gmvity zat cair
g : percepatan gravitasi (m/dl)
u : viskositas kinematik (m?dt)
D : diameter partikel (m)

B. F loculet Settling

Proses pengendapan ini pada dasamya sama dengan discrete seling, namun perhitungan secara matematis sulit dilakukan. Hal ini terutama mengingat sulitnya menetapkan diameter partikel yang ukurannya bervariasi karena selama partikel bergerak juga menarik partikel lain untuk bergabung hingga kecepatan pengendapannya menjadi berbeda-beda. Kebanyakan partikel tersuspensi yang berasal dari lirnbah industri umumnya mengandung sifat ini. Untuk mengetahui besamya rata-rata kecepatan pengendapan dan besamya prosentase pengurangan partikel suspensi dapat dilakukan dengan suatu percobaan pada aliran diam.

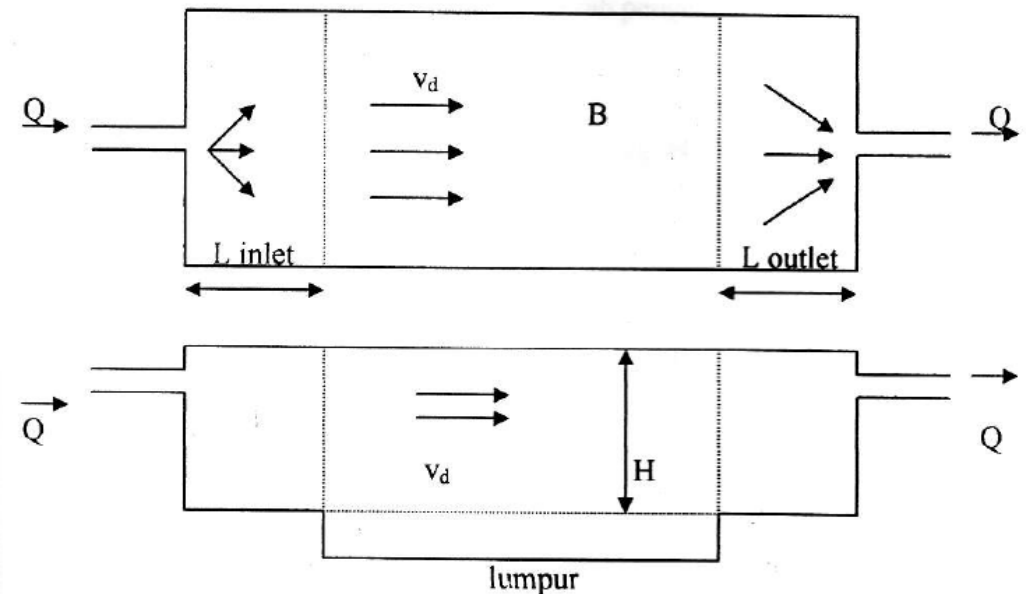
C. Zone Settling

Zone settling mefl)pakan proses secara kimia karena pada tahap ini digunakan zat kimia yang bersifat kogulan. Proses ini adalah proses pengendapan partikel dimana gerakan partikel saat mengendap terjadi secara serentak dan bersamaan. Bahan koagulan yang umum dipakai adalah alum ([Al_2 (SO+)].18H_2O) atau lebih dikenal denqan sebutan tawas dan *Lime* (CaO). Jadi proses pengendapan merupakan kegiatan utama dalam tahap ini.

Bak pengendap.

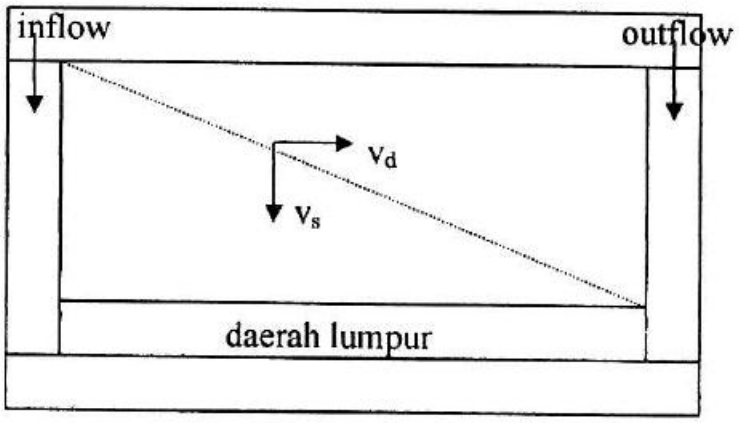
Suatu bak pengedap ideal dengan aliran horizontal bagian dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Bagian inlet : pada bagian ini konsentrxi dari partikel tersuspensi adalah sama.
2. Bagian pengendapan : merupakan daerah pengendapan bagi partikel yang mengalir bersama aliran air limbah.
3. Bagian outlet : untuk menampung air limbah setelah melalui daerah pengendapan
4. Bagian lumpur : terletak di dasar kolam untuk menampung partikel yang mengendap



Gambar 1. Bak pengedap ideal
Sumber : Wesley 1966.

Sebenamya pertimbangan-pertimbangan pada perencanaan bak pengendap adalah untuk merancang bagian pengendapan, panjang lintasan pengendapan. Partikel di dalam zona pengendapan merupakan vektor dari kecepatan rata-rata mengendapnya partikel V_s ke arah bawah dan kecepatan horisontal V_d seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Potongan memanjang aliran horisontal (punmia.1979)

Kecepatan horisontal

$$vd = \frac{Q}{B \cdot H}$$

Waktu yang dibutuhkan aliran sepanjang daerah pengendapan

$$td = \frac{L}{vd}$$

Waku yang dibutuhkan partikel untuk jatuh setinggi H :

$$ts = \frac{H}{vs}$$

Agar partikel mencapai dasar bak sebelum air mencapai daerah pengeluaran, maka waktu partikel sebanding dengan waktu aliran datar sehingga :

$$\frac{H}{vs} = \frac{L.B.H}{Q}$$

$$vs = \frac{Q}{B.L}$$

Untuk mendapatkan hasil yang baik maka lubang masuknya direncanakan agar terjadi distribusi kecepatan aliran yang seragam di dalam kolam dengan cara memasang penghalang di hilir inlet. Namun demikian kecepatan aliran tidak boleh melebihi kecepatan maksimum yang diijinkan yaitu :

$$vm = vs \cdot (8/f)^{1/2}$$

dengan f = faktor koef Weisbach - Darcy (0.025 -0.03)

Tabel 1. Penggunaan satuan operasi fisik pada pengolahan air limbah

Proses	**Penggunaan**
Penyaringan	Pembuangan bahan padat kasar yang terendapkan dengan cara pencegatan (penapis permukaan)
Pengecilan ukuran	Penggilingan bahan padat kasar menjhadi ukuran yang kira-kira seragam
Penyamaan aliran	Penyamaan aliran dan beban massa BOD serta bahan padat terapung
pencampuran	Pencampuran bahan-bahan kirnia sena gas-gas dalam air limbah & menjaga agar bahan padat tetap terapung
Flokulasi	Mendorong pengumpulan partikel-partikel kecil menjadi partikel lebih besar sehingga mudah diendapkan & dibuang
Pengendapan	Pembuangan bahan padat yang terendap
Pengambangan	Pembuangan pecahan halus terapung serta partikel yang melayang & juga pengentalan lumpur
Filtrasi	Pembuangan endapan halus, bahan padat terapung yang ketinggalan setelah pengolahan kimiawi & biologis
Penyaringan mikro	Sama seperti filtrasi, juga membuang ganggang dari kolam stabilisasi

2). Metode pengolahan kimiawi

Proses pengolahan secara kimia adalah menggrmakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam limbah. Proses utama yang dilakukan dalam metode ini adalah pengendapan kimiawi dan klorinasi.

- ***Pengendapan kimiawi***

Dapat digunakan untuk meningkatkan pembuangan bahan tersuspensi atau jika pengendapan secara fisik tidak berfungsi secara optimal. Bahan koagulan yang sering digunakan adalah Alum ([Al, (SO4L] . I 8 HzO) atau dikenal dengan tawas dan Lime (kapur) CaO.

Pengendapan kimiawi akan berhasil dengan baik jika perbandingan antara zat koagulan dengan air tepat. Manfaat tahap ini adalah sebagai usaha untuk meningkatkan kapasitas dari bak pengendap biasa yang kelebihan beban namun kerugiannya menambah biaya operasional.

- ***Klorinasi***

Klorinasi digunakan untuk mengurangi bakteri yang bersifat patogen. Mekanismenya yaitu dengan merusak enzim utama yang ada dalam sel bakteri sehingga dinding selnya menjadi rusak atau bahkan hancur. Akibatnya bakteri akan mati. Klorinasi dapat digunakan sebagai langkah akhir dalam pengolahan air limbah.

Dalam dunia perdagangan klorin sering digunakan karena murah dan mudah didapat. Dalam dosis rendah sudah efektif untuk membunuh bakteri namun tidak terlalu berbahaya bagi mahluk hidup. Klorin ada yang berbentuk gas dan ada pula yang berbentuk kristal garam hipoklorit. Untuk klorin yang berbentuk gas, reaksi yang terjadi yaitu

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + H + Cl$$

Sedangkan yang berupa garam-garaman seperti NaOCI dan Ca (OCl)2 atau lebih dikenal dengan kaporit.

$$Ca\,(OCl)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,OCl^-$$

Daya bunuh HOCI sekitar 40-80 kali lebih kuat daripada OCL^-

Tabel 2. Penggunaan satuan operasi kimia pada pengolahan air limbah

Proses	**Penggunaan**
Pengendapan kimiawi	Pembuangan fosfor scrta pcmudahan pernbuangan bahan padat terapung pada sarana pengedapan primer yang dipergunakan unhrk pengolahan fisik-kimiawi
Perpindahan gas	Panambahan atau pembuangan gas
Adsorpsi	Pembuangan bahan organik yang tak terambil dengan cara kimiawi atau biologis bias4 juga digunakan unhrk mengambil klor sebelum hasil olahan dibuang
Disinfeksi	Pemberantasan selekif terhadap organisme patogen yang umumnya menggunakan klorin atau ozon
Deklorinasi	Pembuangan ampas klorin yang ada setelah klorinasi
Lain-lain	Berbagai bahan kirnia dapat dipergunakan untuk mencapai tuiuan khusus dalam neneolahan air limbah

Sumber Linsley. 1986

3). Metode Pengolahan Biologis

Merupakan unsur pokok harnpir dalarn semua jaringan pengolahan limbah sekunder. Tujuannya mengurangi zat organik melalui biokimia oksidasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan limbah dengan cara ini terdiri dari 3 kondisi yaitu:

1. Proses secara aerob yang merupakan pengolahan limbah pada kondisi tersedia oksigen bagi bakteri untuk menguraikan limbah.
2. Proses secara anaerob, yaitu pengolahan pada kondisi tanpa adanya oksigen sehingga bakteri anaerob menguraikan zat organik menjadi gas metan dan gas CO2

3. Proses fakultatif, yaitu pengolahan limbah dimana bakteri yang ada mempunyai kernampuan adaptasi tinggi, maksudnya bakeri tersebut mampu bertahan pada kondisi aerob maupun anaerob

Unit yang digunakan yaitu unit aerasi (reaktor lumpur aktif) dan kolam stabilisasi.

A. Unit aerasi

Sebuah kolam aerasi pada dasarnya merupakan unit pengolahan limbah dimana oksigen dimasukkan dengan menggunakan aerator-aerator mekanik sehingga tidak mengandalkan produksi okigen dari udara bebas ataupun hasil fotosintesis. Fungsi dari kolam aerasi adalah :

1. Sebagai tambahan 02
2. Untuk membuang CO2 dan gas-gas terlarut lainnya
3. Untuk membuang H2S guna mengurangi bau serta mereduksi Fe

Untuk memenuhi fungsi tersebut maka diperlukan transfer oksigen yang cukup dalam air limbah. Transfer 02 adalah perpindahan 02 dari wujud gas menjadi cair sehingga dapat meningkatkan kandungan 02 terlarut. Aerator berfungsi mempercepat proses transfer. Aerator digunakan jika kadar BOD > 50 mg/liter. Kapasitas dalam mentransfer 02 dengan suhu 20^0C sebesar 2 Kg 0_2 (kw/jam). Besar kecilnya 02 yang larut dalam air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

a. Suhu
b. Pergolakan permukaan air
c. Luas daerah permukaan
d. Tekanan atmosfir dan prosentase 02 di udara

Kecepatan perpindahan 0_2 pada kolam aerasi dipengaruhi perubahan suhu dalanr kolam itu sendiri. Sedangkan perubahan suhu dalam kolam aerasi dipengaruhi suhu air limbah dan suhu adara sekitar

Untuk menghitung kemampuan aerator dalam mentransfer oksigen ke dalam kolam aerasi menggunakan rumus :

$$N = No\frac{(\beta.as - a)}{as20}.1{,}024^{\;Tw-20}$$

Dimana:

N = Transfer O_2 dalam kondisi standar
ß = faktor koreksi
α = faktor koefisien transfer 0_2 untuk limbah (0 32 - 0.9g)
a = koefisien kelarutan O_2 jenuh pada suhu T
as = kelarutan 0_2 jenuh pada ketinggian dan suhu T
as_{20} = kelarutan O_2 jenuh pada suhu 20 °C (9.17 mg/l)
Tw = suhu kolam oksidasi (°C)
No = transfer O_2 standar (1.5- 2 kg O_2 / jam)

Koefisien penyisihan BOD, konsentrasi pengurangan BOD dan kebutuhan oksigen dalam kolam aerasi dapat dihitung menggunakan

Kw = K_{20} $(1.035)^{Tw-20}$
Se = (So (1+b.t)/(a.Kw.t)
Re = a.8.64 (So – Se). Q

Dimana Kw : koefisien penyisihan BOD per hari pada suhu Tw

K20 : koefisien penyisihan BOD pada suhu 20"C (0.5)

B. Kolam stabilisasi

Dalam kolam ini terjadi hubungan simbiosis mutualisme antara ganggang dan mikoorganisme. Ganggang melalui proses fotosintesis menghasilkan 0_2. Dari 0_2 yang dihasilkan digunakan bakteri rmtuk oksidasi bahan organik yang nantinya dapat digunakan sebagai makanan lanqgang dan 0_2 tersebut dapat pula digunakan untuk proses respirasi/pemafasan ganqgang itu sendiri. Hasil akhimya adalah karbondioksida, amonia dan fosfat Kolam stabilisasi sebaiknya tidak dibangun di dekat pemukiman penduduk untuk menghindari keluhan baunya.

Tabel 3. Proses-proses pegolahan biologis utama yang dipergunakan untuk pengolahan limbah.

Jenis	Nama umum	Penggunaan
Proses aerobik Pertumbuhaf) terapung	Proses pengaktifan lumput Konvensional Tanski teraduk beraliran tetap (plug flow)	Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi) sda sda
Pertumbuhan melekat	Aerasi bertahap Oksigen mumi Aerasi dimodifikasi Stabilisasi dengan kontak Aerasi diperluas Selokan aksidasi Nitrifikasi pertumbuhan terapung Kolam aerasi Pencernaan aerobik Oksigen murni Udara konvensional Kolam ganggang aerobic Filter tetesan kecepatan rendah ataupun tinggi Filter kasar Alat kontak biologis putar Reaktor dasar terbungkus	sda sda sda sda sda sda Nitrifikasi Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi) Stabilisasi, pembuangan BOD karbon Pembuangan BOD karbon Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi) Pembuangan BOD karbon Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi) Nitrifikasi
Pertumbuhan terapunq	Denitrifikasi pertumbuhan terapunq	Denitrifikasi
Penumbuhan melekat	Denitrifikasi lapisan tipis yang tetap	Denitrifikas
Proses anaerohik Pertubuhan terapung	Pencemaan aerobik Laju standar, satu tahap Kecepatan tinggi, satu talEp dua tahap Proses kontak anaerobik	Stabilisasi, pembuangan BOD karbon sda sda Pembuanaan BOD karbon
Pertumbuhan melekat	Filter anaerobik Kolam anaerobik	Panbuangan BOD karbon, Stabilisasi (denitrifikasi) Pembuangan BOD karbon (stabilisasi)
Proses aerobik/anixic atau an-aerobik Pertumbuhan Terapung	Nitrifikasi-denitrifikasi satu tahap	Pembuaagan BOD karbon, nitrifikasi,
Pertumbuhan Melekat	Nitrifikasi-denitrifikasi	debtrifikasi Nitrifikasi-denitrifikasi

Proses gabungan	Kolam fakultatif Kolam pematangan atau tersier Kolam anaerobik-fakultatif Kolam anaerobik-fakultatif-aerobik	Pembuangan BOD karbon Pembuangan BOD karbon (nitrifikasi) Pembuangan BOD karbon Pembuangan BOD karbon

Penggunaan utama disebutkan pertama, penggunaan lain disebutkan dalam kurung. Sumber Linsley. 1986

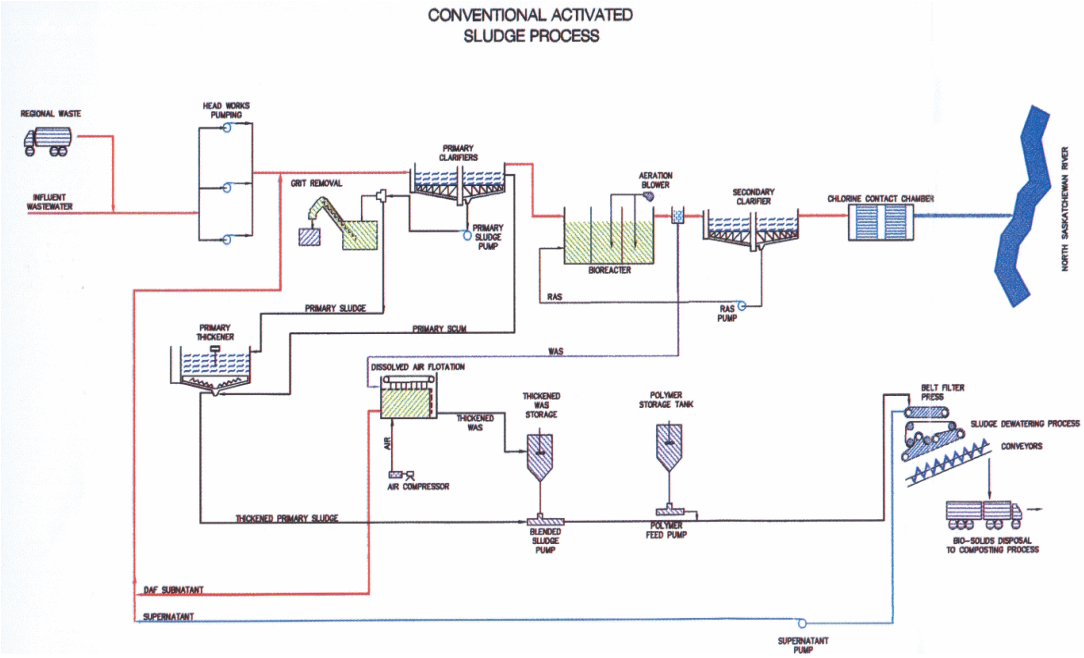
Proses Lumpur Aktifkan

Pada proses lumpur yang diaktifkan, air limbah yang tak diolah atau yang diendapkan dicampur dengan lumpur yang diaktifkan balik yang volumenya 20% hingga 50 % dari volumenya sendiri. Campuran ini akan memasuki suatu tangki aerasi dimana organisme dan air limbah dicampur bersama sejumlah besar udara. Pada kondisi ini organisme akan mengoksidasi sebagian bahan organic menjadi karbondioksida dan air, kemudian mensintesakan sebagian yang lain menjadi sel-sel mikroba yang baru.

Campuran itu lalu memasuki suatu kolam pengendapan dimana organisme flokulan akan mengendap. Organisme yang terendapkan inilah yang disebut lumpur yang diaktifkan. Organisme tersebut kemudian dikembalikan lagi ke ujung hulu tangki aerasi untuk dicampur lagi dengan air limbah. Lumpur aktif yang baru akan terus menerus terbentuk dalam proses ini, sehingga kelebihan lumpur yang dihasilkan haruslah dibuang bersama-sama dengan lumpur dari sarana pengolahan primer.

Suatu bagan alir yang umum untuk suatu instalasi lumpur yang diaktifkan diperlihatkan pada gambar 2.6. air limbah biasanya mengalami pengendapan dahulu sebelum aerasi. Kolam aerasi biasanya memiliki kedalaman 10 hingga 15 ft (3 hingga 5 m) dan lebar 20 ft (6 m). Untuk panjangnya tergantung dari waktu penahanan yang umumnya bervariasi 4 hingga 8 jam untuk limbah perkotaan. (Linsley: 1986,295)
Terdapat dua metode dasar untuk mernaukkan udara ke dalam kolam tersebut, yaitu difusi udara atau injeksi oksigen murni serta pengadukan mekanik.

Metode diffusi udara dengan cara memasukkan udara dengan tekanan 5-10 psi (35 - 70 kN/m2) ke dalam kolam bersangkutan melalui pelat-pelat difusi atau alat lain yang cocok. Penggunaan oksigen murni merupakan perkembangan termutahir yang menuntut adanya tangki aerasi tertutup. Oksigen muri yang dibangkitkan di tempat, disuntikkan ke dalam tangki tersebut. Pencampuran oksigen dengan menggunakan turbin atau pengaduk serupa. Pada aerasi mekanik, alat alat yang berputar dipergunakan untuk mengaduk isi kolam aerasi dan memasukkan oksigen ke dalam zat cair dengan menyebarkan percikan air yang halus di udara sehingga udara dapat diserap.



Gambar 3. Bagan alir proses pengaktifan lumpur

Keuntungan utama dari proses lumpur yang diaktitkan adalah karena dapat menghasilkan buangan yang bermutu tinggi dengan kebutuhan luas instalasi pengolahan yang minimum namun kelemahannya pada biaya operasionalnya yang cukup tinggi karena kebutuhan energi dari kompresor udara dan pompa-pompa sirkulasi lumpur. Bila suatu instalasi baru mulai dioperasikan dibutuhkan waktu sekitar 4 minggu untuk membentuk lumpur aktif yang cocok dan selama pada masa itu hampir semua lumpur dari kolam pengendapan akhir dikembalikan melalui tangki aerasi. Instalasi baru kadang-kadang diberi benih lumpur aktif dari instalasi lain.