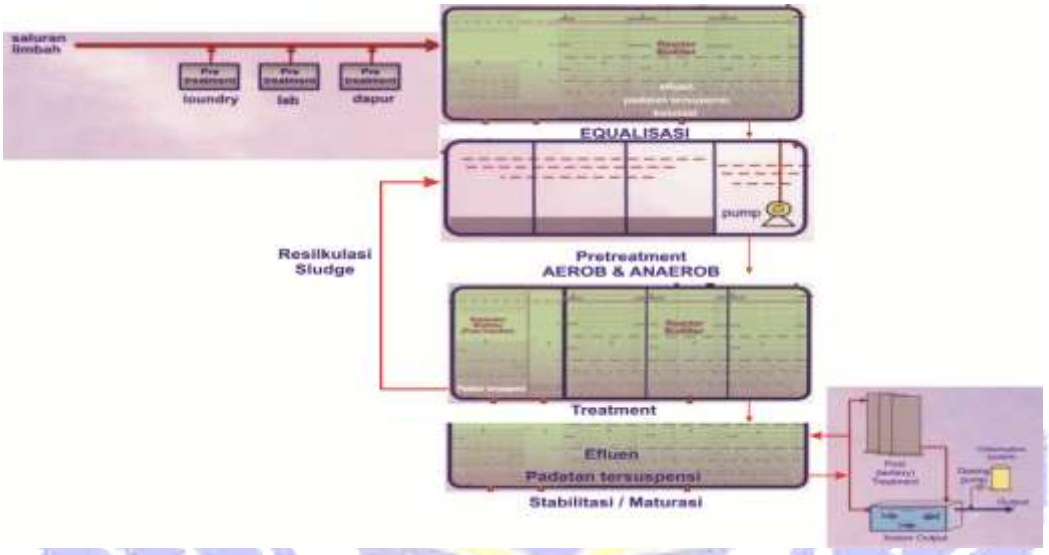
YAYASAN KESEJAHTERAAN KORPRI PROVINSI BALI
UNIVERSITAS WARMADEWA
Bermutu, Berintegritas dan Berwawasan Lingkungan

Management System ISO 9001:2008
TÜVRheinland CERTIFIED
www.tuv.com ID 9105080520

RANCANGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

DENGAN SISTEM LUMPUR AKTIVE



OLEH

Dr.Ir. I. KETUT IRIANTO. M.si

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

FAKULTAS PERTANIAN PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
UNIVERSITAS WARMADEWA

2015

KATA PENGANTAR

Teknologi pengolahan limbah peerlu pngujian dengan menggunakan berbagai sumber limbah.. Teknologi ini belum pengakuan/dipatenkan karena masih dalam proses pengujian dengan beberapa perlakuan limbah industri. Akan tetapi sudah diterapkan dibeberapa perusahaan industry kecil maupun swasta swasta. Teknologi memempunyai keunggulan yaitu menggunakan prinsip nbiologi system dengan bisa mengatur dan memodifikasi lingkungan. Pnggunaan teknologi ini diianggap aman, efisien dan ramah lingkungan. Penggunaan teknologi dengan menggunakan prinsip biologi dilakukan dengan cara memodifikasi dan mengkondisikan lingkungan, dimana mikro-organisme mampu melakukan bio-aktifitas dan hio-degradasi unsur-unsur pencemar. Perlakuan tersebut mampu membedakan teknologi yang menggunakan prinsip biologi satu dengan yang lainnya selain tahapan proses. Untuk itu diperlukan penelitian teknologi pengolahan limbah secara biologi dengan uji coba beberapa perlakuan biologi secara terus menerus seperti: perlakuan pH, perlakuan suhu, pemberian makanan, pemberian oksigen, mengatur waktu tinggal limbah, mengatur resirkulasi limbah. Uji coba dengan berbagai perlakuan, diharapkan dapat menemukan hasil kualitas limbah sesuai dengan tujuan penanganan dan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Hasil rancangan teknologi ini telah diuji dengan beberapa analisis dan dipergunakan oleh beberapa Peneiti, di akademisi perusahan Swasta, Lembaga Swadaya masyarakat, dan Desa Binaan yang mendapatkan rekomendasi dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Warmadewa.

Penulis

BAB. I

PENDAHULUAN

Limbah cair untuk dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya harus aman dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan (Pusstan, 2001). Untuk itu diperlukan proses penanganan limbah cair melalui tahapan proses, perlakuan fisik, kimia, biologi secara terpadu dan perlakuan teknis operasional secara biologi. Tujuan dari penanganan limbah cair tersebut untuk menghilangkan bahan pencemar, menyederhanakan komponen partikel dan unsur sehingga menjadi bentuk yang tersedia untuk dimanfaatkan dan sesuai standar baku mutu yang diinginkan. Hal ini sesuai dengan standar operasional teknologi pengolahan limbah cair (SOP) dengan tujuan pemanfaatan yaitu aman, efisien dan ramah lingkungan.

Selama ini beberapa pengolahan limbah cair yang digunakan hanya menekankan pada perlakuan kimia saja yaitu menghilangkan bahan pencemar untuk memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini menyebabkan kurang efisien (biaya tinggi) dan mengakibatkan timbulnya pencemaran baru. Untuk itu perlu mencari teknologi pengolahan limbah cair yang menekankan pada perlakuan biologi dengan konsep selain menghilangkan bahan pencemar dan menyederhanakan komponen partikel juga meghasilkan kualitas limbah cair yang ramah lingkungan.

Beberapa teknologi yang menggunakan prinsip biologi (*biological system*) telah banyak diterapkan di beberapa industri, dimana hasil pengolahan limbah cair sudah dimanfaatkan sebatas untuk penyiraman tanaman, Teknologi penanganan limbah cair terdiri dari tahapan proses *pre treatment, treatment dan stabilisasi.* Setiap tahapan proses diberikan perlakuan fisik, kimia biologi secara terpadu melalui proses dekomposisi, fermentasi dan mineralisasi. Proses tersebut melibatkan beberapa jenis mikroorganisme, sehingga diperlukan perlakuan biologi supaya tetap berlangsungnya proses tersebut. Perlakuan biologi yang dimaksud adalah mengkondisikan lingkungan limbah sehingga proses biologi

tetap berlangsung seperti: penambahan oksigen bertujuan akan mempercepat proses biodegradasi bahan organik, pemberian jumlah makanan dan mikroorganisme (F/M rasio) akan memacu pertumbuhan dan bioakivitas mikroorganisme, aliran limbah cair (*resirculation sludge)* akan mengoptimalisasikan lingkungan perairan terutama jumlah mikroorganisme, makanan, pH, suhu dan oksigen (Sugiharto, 1987).

1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang permasalahan maka tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi dan mengkaji pengelolaan limbah cair yang dilakukan di beberapa hotel. Secara lebih spesifik penelitian ini bertujuan untuk:

1) Mengetahui standar teknologi pengolahan limbah cair yang dipergunakan melalui analisis dan menguji tahapan proses perlakuan biologi.
2) limbah cair yang berpotensi aman dimanfaatkan.

1.3 Manfaat

Manfaat dari hasil meliputi:

a. Pengembangan ilmu dan teknologi yang ramah lingkungan dalam menanggulangi tingkat pencemaran
b. Menambah referensi teknologi dan peluang bagi pengelola limbah cair industri lainnya.

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

BAB. II

KARAKTERISTIK LIMBAH

2.1 Limbah padat.

Limbah padat yang dimaksud adalah komponen yang berbentuk padat, (butiran besar) maupun yang halus butiran kecil (Mason, C..F, 1981). Apabila limbah padat larut di dalam air, maka kepekatan air atau berat jenis cairan akan buruk dan disertai perubahan warna (Touray, 2008). Limbah padat yang berbentuk halus sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut akan terbentuk koloidal yang melayang dalam air (Chiras dan Daniel, 1995).

2.2 Limbah organik

Limbah organik merupakan komponen bahan dari sisa tanaman, hewan yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme (Gunawan, 2000). Menurut Proowse (1996) limbah organik akan mampu meningkatkan populasi mikroorganisme di dalam air sehingga memungkinkan untuk ikut berkembangnya bakteri patogen dan mikroorganisme.

2.3 Limbah Anorganik.

Limbah anorganik pada biasanya berasal dari industri yang mengandung unsur-unsur logam seperti Timbal (Pb) Arsen (Ar), Kadmium (Cd), Air raksa (Hg), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kobalt (Co). Menurut Arya (1995) kandungan ion Kalsium (Ca) dan ion Magnesium (Mg) Unsur ini bersifat sadah dan akan menghambat proses degradasi oleh mikroorganisme. Kesadahan air yang tinggi dapat berpengaruh terhadap peralatan yang terbuat dari besi. (Schuler, Pinky, Nasir and Vogtman, 1993).

2.4. Limbah Olahan Bahan Makanan.

Sisa air dari kegiatan industri pangan banyak mengandung mikroorganisme, termasuk di dalamnya bakteri pathogen (Barnum, 2005). Limbah olahan industri pangan mengandung protein gugus Amin yang apabila di

degradasi oleh mikroorganisme akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk (Diaz, 2008).

Gambar 2.2

Limbah berupa sabun dan deterjen
dapat menaikkan pH lingkungan air. Sumber : Depkes, 2002

Tabel 1 Karakteristik Air Limbah.

No	Parameter	Konsentrasi
1.	BOD – mg/l	27.61-19.59
2.	COD – mg/l	158.68-591.24
3.	Angka Pengamat (KH_nO_4) – mg/l	64.6-256.49
4.	Ammoniak (NH_3) – mg/l	12.5-6362
5.	Nitrit (NO_2) – mg/l	0.017-0.031
6.	Nitrat (NO_2) – mg/l	3.27-27.65
7.	Chlorida (Cl) mg/l	32.52-57.94
8.	Sulfat (SO_2) – mg/l	64.04-144.99
9.	pH	9.06-6.99
10.	Zat padat tersuspensi (SS) – mg/l	17-239.5
11.	Deterjen (MBAS) – mg/l	0.18-29.99
12.	Minyak/lemak – mg/l	0.8-12.7
13.	Cadmium (Cd) – mg/l	MI
14.	Timbal (Pb)	MI-0.01
15.	Tembaga (Cu) – mg/l	MI
16.	Besi (Fe) – mg/l	0.29-1.15
17.	Warna – (Skala Pt – Co)	40-500

Phenol – mg / l	0.11-1.84

Sumber : Data laboratorium Rumah Sakit Sanglah, 2010

Tingginya nilai parameter COD dan ammonia disertai Chlorida dan sulfat menunjukkan pencemaran oleh bahan organik berupa protein dan deterjen. Adanya unsur Chlorida menunjukkan telah dilakukan perlakuan kimia berupa klorinasi untuk desinfektan yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme pathogen (Lestari, *dkk*., 2004). Secara garis besar zat-zat yang terdapat didalam lirnbah cair domestik dapat dikelompokan menjadi air (99,90%), bahan padat (0,9%), sedangkan bahan organik yang berupa protein (65%), karbohidrat (25%), lemak dan bahan organik butiran serta logam (Kumar, 2006). Limbah cair domestik mengandung zat penyebab warna dan kekeruhan, mengnadung bahan organik yang larut maupun tersuspensi. Adanya minyak, adanya logam berat, garam dan senyawa senyawa asam atau basa, mengandung N dan P dalam kadar tinggi. Senyawa mudah menguap seperti: H_2S, NH_3, HCL, SO_2, bahan radioaktif, mikroorganisme pathogen, memiliki suhu tinggi (Emmanuel, *et al.* 2002). Limbah hasil dari kegiatan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

Gambar 2.3.

Pencemaran Limbah Cair Domestik Sumber: Bappedal, 2008.

2.4 Pengaruh Limbah Terhadap Kualitas Air.

Pencemaran air dapat ditunjukkan oleh perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi perairan. Parameter fisik, antara lain: suhu, warna, bau, kedalaman, kecerahan, kekeruhan, dan padatan tersuspensi total (Efendi, 2003). Parameter kimiawi antara lain: salinitas, pH oksigen terlarut, kebutuhan oksigen terlarut, kebutuhan oksigen kimiawi, nitrat, nitrit, amonia, ortofosfat dan karbon dioksida (Rukaesih, 2004). Parameter biologi meliputi : fecal colifom dan hewan makrobentos (Rao dan Mamatha, 2004)

2.4.1 Sifat Fisik Air

Air sebagai zat, air tidak berbau, tak berwarna tanpa rasa, air merupakan senyawa yang sangat mantap, pelarut yang mengagumkan serta sumber kimia yang sangat kuat (Kienholz *et al*, 2000). Air memuai bila membeku menjadi zat padat, dalam suatu kegiatan seringkali suatu proses disertai dengan timbulnya panas reaksi atau panas dari gerakan mesin dan zat kimia terlarut, semakin tinggi kenaikan suhu air semakin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya (Martin, 2000).

Bau yang berasal dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan-limbah atau air limbah dari kegiatan industri atau dapat pula berasal dari hasil degradasi limbah oleh mikroba yang hidup di dalam air (Diaz, 2008). Mikroba di dalam air akan mengubah limbah organik terutama gugus protein secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau (Hendrickey *et al*, 2005). Menurut Rao dan Mamata (2004), air normal yang dapat digunakan untuk kehidupan umumnya tidak berbau, tidak berwarna dan berasa, selanjutnya dikatakan adanya rasa pada air pada umumnya diikuti dengan perubahan pH air.

Pembentukan koloidal terjadi karena limbah padat yang berbentuk halus (butiran kecil), sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut dan tidak dapat mengendap, koloidal ini melayang di dalam air sehingga air menjadi keruh (Fairchild *et al*, 2000). Menurut Koesoebiono (1999) kekeruhan akan

menghalangi penetrasi sinar matahari kedalam air akibatnya fotosintesis tanaman didalam air tidak dapat berlangsung dan akan mengganggu kehidupan hewan air.

Padatan tersuspensi total keberadaannya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis limbah yang rnasuk ke dalam suatu perairan (Rao dan Mamata, 2004). Selanjutnya dikatakan bahwa limbah padat berbentuk kasar (butiran besar) dan berat serta tidak larut dalam air maka bahan tersebut akan mengendap di dasar sungai.

2.4.2 Sifat Kimia Air

Sebuah melekul air terdiri atas satu atom oksigen yang berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen, gabungan dua atom hidrogen dengan satu atom oksigen yang membentuk air (H_2O) ini merupakan melekul yang sangat kokoh dan untuk menguraikan air diperlukan jumlah energi yang besar, jumlah yang sama juga dilepaskan dalam pembentuknya (Rukaesih, 2004).

Salinitas merupakan gambaran jumlah kelarutan garam dan kosentrasi ion-ion dalam air, salinitas juga berpengaruh terhadap derajat kelarutan senyawa--senyawa tertentu (Pusstan, 2003). Organisme perairan harus mengeluarkan energi yang besar untuk menyesuaikan diri dengan salinitas yang jauh di bawah atau di atas normal bagi kehidupan hewan (Suriani, 2000). Secara langsung organisme perairan membutuhkan kondisi air dengan tingkat kemasaman tertentu (Rukaesih, 2004). Air dengan pH yang terlalu tinggi atau terlampau rendah dapat mematikan organisme, demikian pula halnya dengan perubahanya, umumnya organisme perairan dapat hidup pada kisaran pH antara 6,7 dan 8,5. Penambahan suatu senyawa ke perairan kendalanya telah menyebabkan perubahan pH menjadi lebih kecil dari 6,7 atau lebih besar dari 8,5 (Kusnoputranto, 1997).

Konsentrasi oksigen terlarut DO (*disolved oksigen*) merupakan parameter penting yang harus diukur untuk mengetahui kualitas perairan. Organisme perairan tidak selalu nyaman hidup pada air dengan kandungan oksigen tinggi. Air

dengan oksigen terlalu tinggi 200% jenuh berakibat dapat membahayakan organisme (Touray, 2008). Tingkat kejenuhan tersebut ditentukan oleh suhu air dari salinitas air, makin tinggi suhu air maka kapasitas kejenuhan oksigen makin besar (Duncan dan Sandy,1994), sebailiknya makin tinggi salinitas kapasitas kejenuhan oksigen di air semakin menurun (Saeni, 1989).

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan organik buangan dalam air (Darmono, 2001). Di dalam air terdapat banyak senyawa organik (asam lemak, cellulosa, asam organik, lemak dan protein) dan organik terlarut (logam berat, amoniak, nitrit) serta mikroorganisme yang berpotensi mengkonsumsi oksigen (Sugiharto, 1987). Semakin besar BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air limbah semakin besar (Jaya *dkk*, 1994).

Menurut Waluyo (2007), Mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk memecah limbah organik sering disebut dengan bakteri aerobic. Selanjutnya dikatakan mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen, disebut dengan bakteri anaerobik. Proses penguraian limbah organik melalui proses oksidasi oleh mikro organisme atau oleh bakteri aerobik adalah sebagai berikut :

$$C_nH_aO_bH_c + (n + a/4 - b/2 - 3c/4)\ O_2 \dashrightarrow nCO_2 + (a/2 - 3c/2)$$

$$H_2O + CNH_3 \dashrightarrow \text{bahan organik} \quad \text{Oksigen}$$

Kebutuhan oksigen kimiawi COD (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik didalam air secara kimiawi (Proowse, 1996). Nilai COD merupakan ukuran dan pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimia dan mikro biologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen telarut dalam air. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD

(Kasmidjo, 1997).

Pengukuran COD berpedoman pada prinsip bahwa semua bahan organik dapat dioksidasi secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O dengan bantuan oksidasi kuat dalam kadar asam. Jumlah oksidator yang dibutuhkan untuk proses ini disetarakan dengan kebutuhan oksigen (Sumodiharjo, 1999). Menurut Mcleod dan Eltis (2008) limbah organik akan dioksidasi oleh Kalium bichromat menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion Chrom. Kalium bichromat atau $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent), selanjutnya dikatakan oksidasi terhadap limbah organik akan mengikuti reaksi berikut ini :

$$CaHbOc + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \dashrightarrow CO_2 + H_2O + Cr^{3+}$$

pekat

Nitrogen berperan kuat dalam reaksi-reaksi biologi perairan, untuk menuniukkan tingkat kesuburan suatu perairan dapat dilihat dari kandungan nutrien seperti nitrogen, fosfat dan bahan-bahan organik (Meagler, 2000). Dalam kondisi aerob nitrogen dari urea diikat oleh mikroorganisme dan selanjutnya diubah menjadi nitrat. Sumber-sumber nitrogen dalam air dapat bermacam-macam meliputi hancuran bahan organik buangan domestik, limbah industri, limbah peternakan atau pupuk (Chitnis, 2003).

Unsur fosfor didalam perairan tersedia dalam bentuk fosfat organik. Ortofosfat adalah suatu bentuk lain senyawa fosfat organik (Wardana, 1999). Fosfor bersumber dari hanyutan pupuk limbah industri, hancuran bahan organik dan mineral-mineral fosfat, fosfat dalam detergen memegang peranan penting di dalam kelebihan hara fosfor di dalam perairan, fosfat keadaan normal berluasan 0,001-1 mg/liter (Darmono, 2001).

Menurut Suriani (2000), Sulfida berperanan dalam jumlah yang berlebihan akan dapat menurunkan keasaman (pH) suatu perairan, sehingga dengan menurunnya pH akan mempengaruhi kehidupan organisme yang ada dalam air. Menurut Darmono (2001), amonia yang berlebihan dalam air akan menimbulkan

penurunan kadar oksigen terlarut dan cenderung bersifat toksik sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi kehidupan dalam air, sedangkan nitrit adalah merupakan senyawa yang bersifat toksik dalam air, akan tetapi sesungguhnya ini bersifat labil dan berubah menjadi nitrat bila ada oksigen dan akan menjadi amonia bila kadar oksigen yang terlarut mulai menurun.

Air tanah mengandung zat Besi (Fe) dan Mangan (Mn) cukup besar, adanya kandungan Besi dan Mangan dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah manjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara (Winarno, 1996). Baik besi maupun mangan dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat hidroksida dan juga dalam bentuk koloidal atau dalam bentuk gabungan senyawa anorganik (Wardana., 1999).

2.4.3. Sifat Biologi Air

Bio indikator merupakan kelompok atau komunikator organisme yang kehadirannya atau perilakunya di dalam air berkorelasi dengan kondisi lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas lingkungan perairan (Willey, 1990)). Organisme yang tergolong sebagai indikator di antara ganggang, bakteri protozoa makrobentos, dan ikan (Wiliam, 1990). Keberadaan coliform yang berlebihan dalam air adalah mengidentifikasikan adanya patogen dalam air (Ardhana, 1998).

.

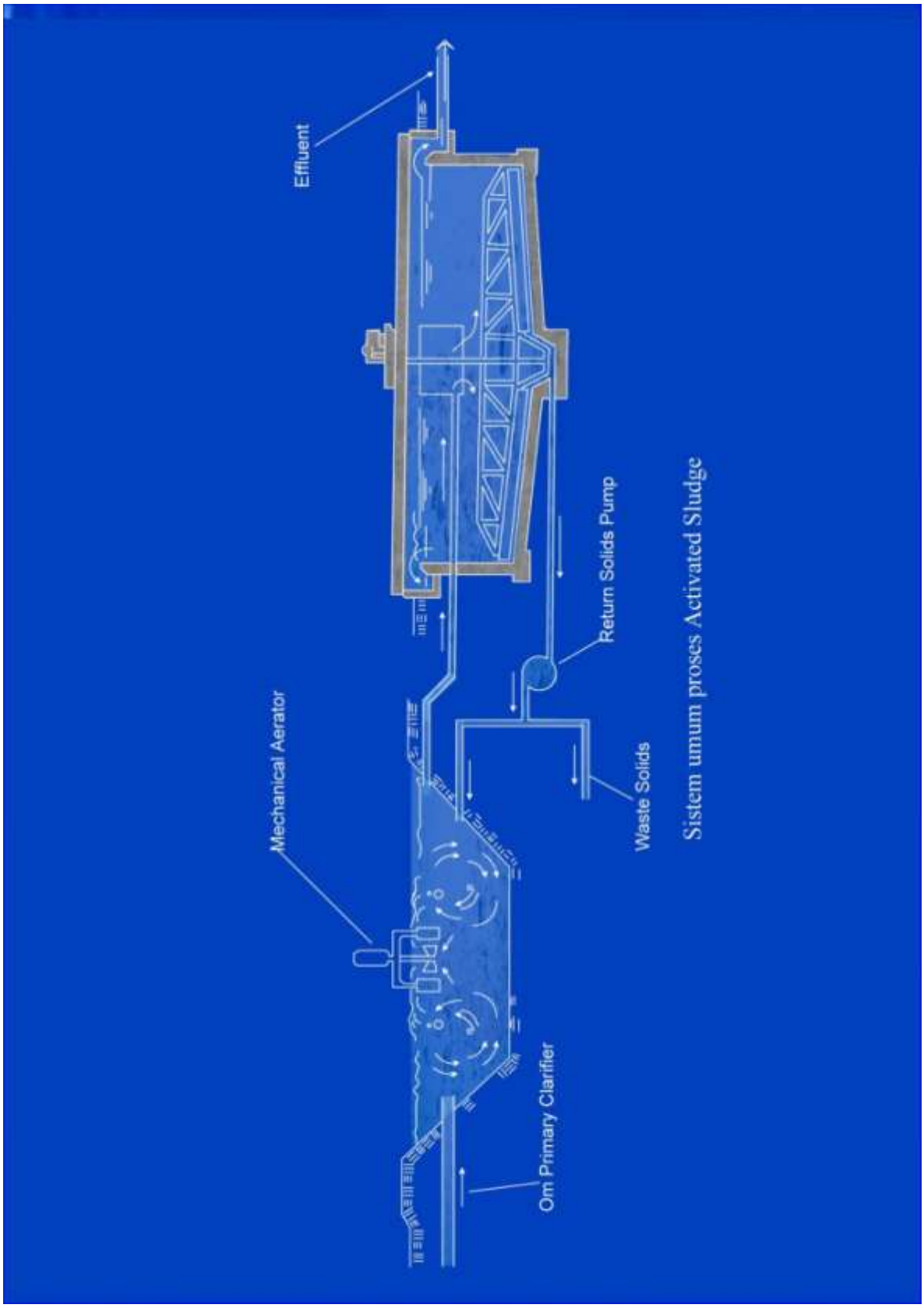
BAB. III

RANCANGAN TEKNIS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH DENGAN PROSES ACTIVATED SLUDGE

Proses penanganan air limbah ini berupa percampuran antara limbah dengan activated sludge, kemudian diaduk dan diaerasi. Activated sludgeberupa flokulasi dari bahan biologis aktif yang berisi mikroorgan tersuspensi aktif dan padatan tersuspensi yang telah dikembangkan pada kondisi aerasi dan agitasi tertentu. (campuran padatan activated sludge dan air jikenal sebagai mixed liquor suspended solids (HLSS). Setelah mengalami proses aerasi dan agitasi selama waktu tertentu(detention time), campuran tersebut dimasukkan suatu tangki (kolam) pengendap (klarifikasi)untuk sumber kesempatan mengendap bagi padatannya, sedangkan cairan jernih dikeluarkan dari sistem sebagai efluen. Padatan yang mengendap dikembalikan (sebagian) ke tangki terasi untuk efisiensi proses selanjutnya.

Sangat penting dalam proses activated sludge adalah kualitas padatan tersuspensi dalam campuran cairan, tipe sikroflora yang ada pada sludge, imbangan antara BOD dan sludge, ketersediaan udara per unit BOD yang digunakan, aerasi (lamanya) dalam tangki aerasi dan klarifikasi serta perencanaan sistem.

Kuantitas padatan tersuspensi dalam cairan berperan pada kelangsungan proses melalui dua jalan: 1) menyediakan kesempatanbagi sludge untuk menangkap, mendegradasi dan penghilangankan polutan dari air limbah serta 2). memberi kondisi agar padatan tersuspensi tersebut untuk dapat


Effluent
Mechanical Aerator
Om Primary Clarifier
Return Solids Pump
Waste Solids
Sistem umum proses Activated Sludge

Gambar: 2 Sistem Umum Proses Activated Sludge

mengendap. Pengujian menunjukkan bahwa mikroflora yang terdapat pada sludge sangat bervariasi dari sistem yang satu ke sistem yang lain. Pada umumnya adanya spesies bakteri dari genus Bacillus, Enterobacter, Pseudomonas, Zooglea, Nitrobacter, Rhodopseudomonas dan Cellulomonas sangat rermanfaat bagi kelancaran proses activated sludge. Disamping itu adanya bakteri filamentus dari genus fphaerotilus dapat menjadi penyebab sulitnya sludge mengendapa dalam proses klarifikasi (bulking sludge).

Sebagai tambahan pentingnya kadar MLSS dari tipe mikoorganisme yang aktif dalam sludge, imbangan sludge dengan beban BOD dari air limbah dapat menentukan kelancaran proses activated sludge sperti yang diharapkan.

$$\underset{\text{(BOD loading)}}{\text{Beban BOD}} = \frac{S_O\ Q}{V}\ \text{g BOD/m}^3\text{.hari}$$

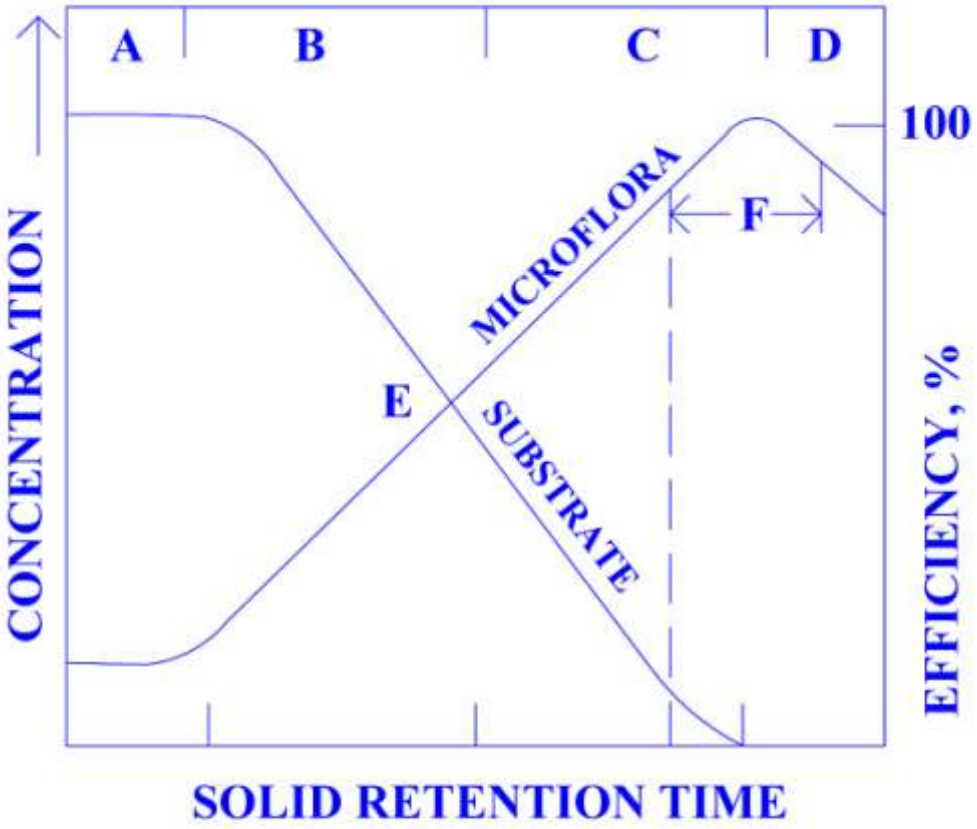
S_o = BOD pada ifluen (mg/L)

Q = Kecepatan aliran influen (1/jam)

V = Volume kerja kolam aerasi (m^3)

Hubungan beban BOD tersebut juga dapat dikaitkan (lebih umum) dinyatakan sebagai rasio F/M (g BOD/hari . g MLSS).

Prinsip dasar pertimbangan mikrobia dalam proses activated sludge dapat digambarkan sebagai berikut :



A- LAG GROWTH PHASE
B- LOGARITHMIC GROWTH
C- DECLINING EXPONENTIAL
D- ENDOGENOUS RESPIRATION
E- POINT OF INFLECTION
F- OPERATION PARAMETER FOR CONVENTIONAL ACTIVATED SLUDGE SYSTEM

A = Fase pertumbuhan lag

B = Fase pertumbuhan logaritmik

C = Eksponensiai yang menururi

D = Respirasi Endogenus

E = Titik Temu

F = Parameter operasional proses activated sludge.

Tahap pertumbuhan sangat penting sebab diperlukan untuk penghilangan polutan seefisien mungkin scrta kemampuan mengendap yang baik. Parameter utama adalah rasio F/M sedangkan detention time adalah faktor kedua yang mempengaruhi fase pertumbuhan sedangkan parameter ketiga adalah suhu. Dalam operasinya tahap/siklus pertumbuhan ini Japat dipelihara melalui manipulasi aiiran limbah, pengendalian kadar sludge dan kecepatan resirkulasi endapan ke tangki/kolan aerasi/agitasi.

Semua proses activated sludge tergantung dari pemberian oksigen (udara) secara mekanis kedalam sistem. Hal inidisebabkan karena BOD dalam sistem harus cepat dihilangkan oleh oksigen yang terlarut, sehingga oksigen harus tersedia dalam jumlah yang memadai. Konsumsi oksigen pada umumnya sekitar 10 - 30 mg/l/jam dan hal ini harus dipenuhi dengan kadar oksigen terlarut (DO) sebasar 1 - mg/L. Bila DO ada dibawah 0,5 mg/L activitas terganggu dan asimilasi berlangsung lambat. Dalam proses aerasi ada dua tahap perpindahan oksigen yaitu dari gelembung udsra ke oksigen terlarut dan dari oksigen terlarut ke dalas sel mikroba.Transfer oksigen dari gelernbung udara ke air limbah dapat dinyatakan daiam persamaan :

R - K (BCs - Ct)

R = kecepatan transfer oksigen ke oksigen terlarut (mg/1 - j am)

K = koefisien transfer oksigen tergantung dari alat penghembus dan sifat air limbahnya (jam-1)

B = koefisien saturasi oksigen dalam air (sekitar 0,8 - 0,9)

Cs = kadar oksigen terlarut pada tingkat jenuh dalam air (sekitar 9,2 mg/L)

Ct = kadar oksigen terlarut yang ada dalam campuran cairan (mg/L)

a. Beban kolam aerasi

Periode aerasi, beban BOD per satuan volume dan rasio BOD dan kadar mikrobia sangat menentukan dalam kelangsungan proses activated sludge. Periode aerasi dinyatakan sebagai detention time atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$t = 24 \frac{V}{Q}$$

t = waktu aerasi (jam)
V= volume kerjakolami aerasi (m^3)
Q= kecepatan aliran limbah ke kolam aerasi (m^3/ ha

Beban BOD dapat dinyatakan dengan g BOD yang dibebankan pada kolam aerasi per hari per m volume dan dapat dirumuskan sebagai :

$$\text{Beban BOD} \frac{\text{Q x BOD air limbah}}{\text{Volume tangki aerasi}} = \frac{\text{g BOD/Hari}}{m^3}$$

Rasio makanan (BOD) dan mikroorganisme (MLSS) dapat dinyatakan sebagai :

$$F/M = \frac{\text{Q x BOD}}{\text{V x MLSS}} = \frac{\text{g BOD/Hari}}{\text{g MLSS}}$$

MLSS sering juga dinyatakan dalam MLSS (mixed liquor volatile suspended solids). Beban BOD per menit volume dan unit volume dan unit periode aerai sangat berhubungan langsung dan besarnya tergantung dari kadar BOD air limbah memasuki kolam dan volume kerja kolam aerasinya. Sebagai contoh : bila 200 mg/L limbah dialirkan dalam kolam aerasi dan diaerasi selama 24 jam; maka beban BODnya = 200 g/m^3. Hari, dan apabila

periode aerasinya diubah menjadi 8 jam maka beban BOD menjadi 600 g/m^3.hari.

Rasio F/M merupakan status metabolisme dalam sistem yang tidak tergantung dari wakti aerasi dan kepekatan BOD air limbahnya. Sebagai contoh; proses aerasu selama 24 jam dan MLSS 600 mg/L akan mempunyai rasio F/M 1/3 dari influen air limbah dengan BOD 200 mg/L. bila proses ini menghendaki periode aerasi 8 jam maka bila diinginkan F/M yang tetap diperlukan MLSS 1.800 mg/L.

Kecepatan pengambilan sebagai % influen air limbah. Sebagai conth jika kecepatan pengambilan sludge 30% sedangkan influen air limbah masuk kedalam sistem aerasi = 1 m^3/detik maka kecepatan resirkulasi setara dengan 0,3 m^3/detik.

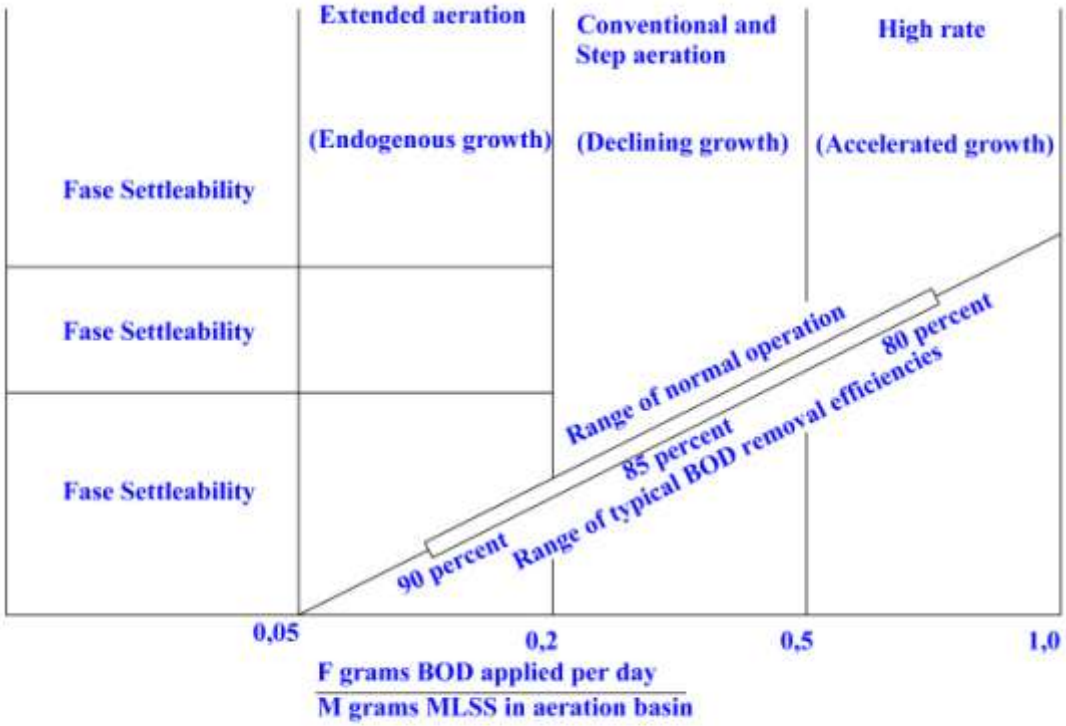
b. Pengendapan Sludge

Perlakuan yang diberikan terhadap limbah dalam proses aerasi sangat erat kaitannya dengan kemampuan sludge yang diperoleh untuk dapat mengendap. Yang diharapkan dalah bahwa pengendapan sludge akibat gravitasi akan menghasiIkan supernatan (efluen) yang jernih. Sebaliknya bila pengendapan secara gravitasi tidak berlangsung baik akan meninggalkan efluen yang keruh dan BOD nya tinggi, suatu peristiua yang dikenal sebagai bulking sludge dan hal ini dapat diakibatkan oleh aerasi yang kurang memadai, kekurangan nutrien, adanya senyawa toksik serta beban BOD yang terlalu tinggi (F/M tinggi).

Kemampuan mengendap sludge bilogis pada operasi proses activated sludge yang normal sangat erat kaitannya dengan rasio F/M.

Sistem extended aeration dengan periode aerasi yanglama menghasilkan kadar HLSS yang tinggi dan beroperasi pada endogenous growth phase. Penghilangan polutan (BOD) pada proses ini sangat tinggi karena mikroba dalam keadaan lapar akan mencerna bahan organik secara efisien, dan kemampuan mengendapnya sangat tinggi. Keadaan sebaliknya terjadi pada

sistem high rate aeration yang menghasilkan rasio F/M yang tinggi dan memungkinkan pembebanan BOD yang tinggi pulas serta periode aerasi yang reiatif singkat. Endapan sludge yang dihasilkan mempunyai kemampuan mengendap secara gravitasi yang rendah. hal ini dapat dibantu dengan memberikan resirkuiasi sludge dari proses klarifikasi dengan



Gambar 12. Pengaruh rasio F/M terhadap kemampuan mengendap slugge

WIDYA SEWAKA

% yang tinggi. Kekurang efisienan sistem ini disebabkan terutama oleh terikatnya sebagian flok mikroba keluar lewat efluen, sehingga efluen masih mempunyai kandungan padatan tersuspensi sekitar 30 mg/L. Dari gambar diatas juga diketahui bahwa F/M antara 0,05 - 0,2 sangat tepat untuk proses biologis penanganan air limbah dengan periods aerasi sekitar *5 - 7* jam.

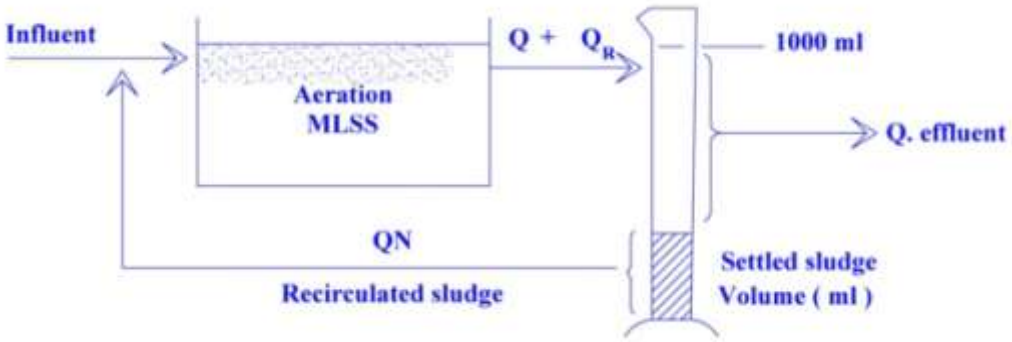
Aspek lain dari sistem aerasi yang terkait dengan beban sistem serta F/M adalah umur sludge (sludge age). waktu/periode aerasi bervariasi antara 3 - 30 jam, akan tetapi padatan (sludge) berada dalam sistem jauh lebih lama dan ditera dalam hari, karena diresirku lasi selama beberapa kali untuk mencapai F/M yang diperlukan. Umur sludge dinyatakan sebagai :

$$\frac{\text{g MLSS dalam tangki aerasi}}{\text{g SS dalam efluen + sludge (endapan) per hari}}$$

c. Beberapa persamaan/hubungan matematis

Salah satu test untuk memonitor operasi sistem activated sludge adalah parameter sludge volume index (SVI). Prosedur meliputi penerapan MLSS dan kemampuan mengendap dari sludge menggunakan gelas ukur kapasitas 1 liter.

GURU WIDYA SEWAKA NAGAR



MLSS untuk sistem konvensional sekitar 1500 - 2500 mg/L sedangkan untuk proses cepat sekitar 400 mg/L

$$SVI = \frac{V \times 1000}{MLSS} \quad (mL/gram)$$

V = volume (lt)

MLSS = mg/L

SLudge volume index sangat terkait erat dengan kuantitas dan kadar padatan dalam sludge yang dialirkan kembali ke kolam aerasi. Kuantitas sludge yang aeresirkulasikan dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{Q_R}{Q + Q_R} = \frac{V}{1000} \text{ atau } Q_R = \frac{V \times Q}{1000 \times V}$$

Q_R = aliran sludge yang diresirkulasikan (m /bari)

Q = aliran limbah cair ke kolam aerasi (m /hari)

V = volume endapan sludge dalam 1 liter gelas ukur (mL/L) 1000 = mL/L

Kadar padatan tersuspensi dalam sludge yang diresirkulasikan dapat dinayatakan sebagai :

$$\text{SS resirkulasi} = \frac{1.000.000}{\text{SVI}} \text{ (mg/L)}$$

Sontoh perhitungan

Kadar MLSS dalam kolam aerasi suatu sistem activated sludge = 2400 mg/L dan volume sludge per liter = 220 ml. hitung harga SVI; Berapakah %resirkulasi sludge yang di perlukan serta beberapa kadar padatan tersuspensi dalam sludge yang diresirkulasikan?

Jawab:

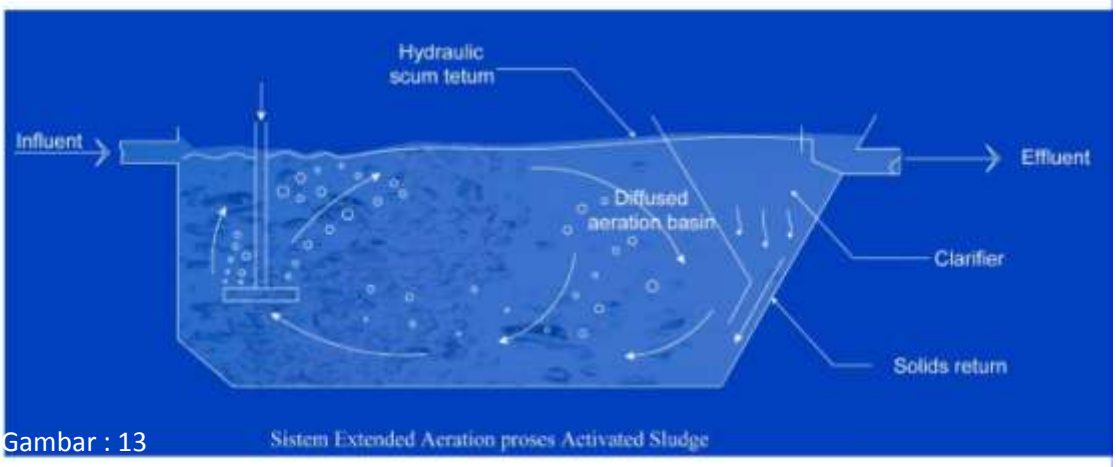
$$\text{SVI} = \frac{220 \text{ mL/L} \times 1000}{2400 \text{ mg/L}} = 92 \text{ mL/g}$$

$$\frac{QR}{Q} = \frac{220}{1000 - 220} = 0{,}28 \text{ atau } 28\%$$

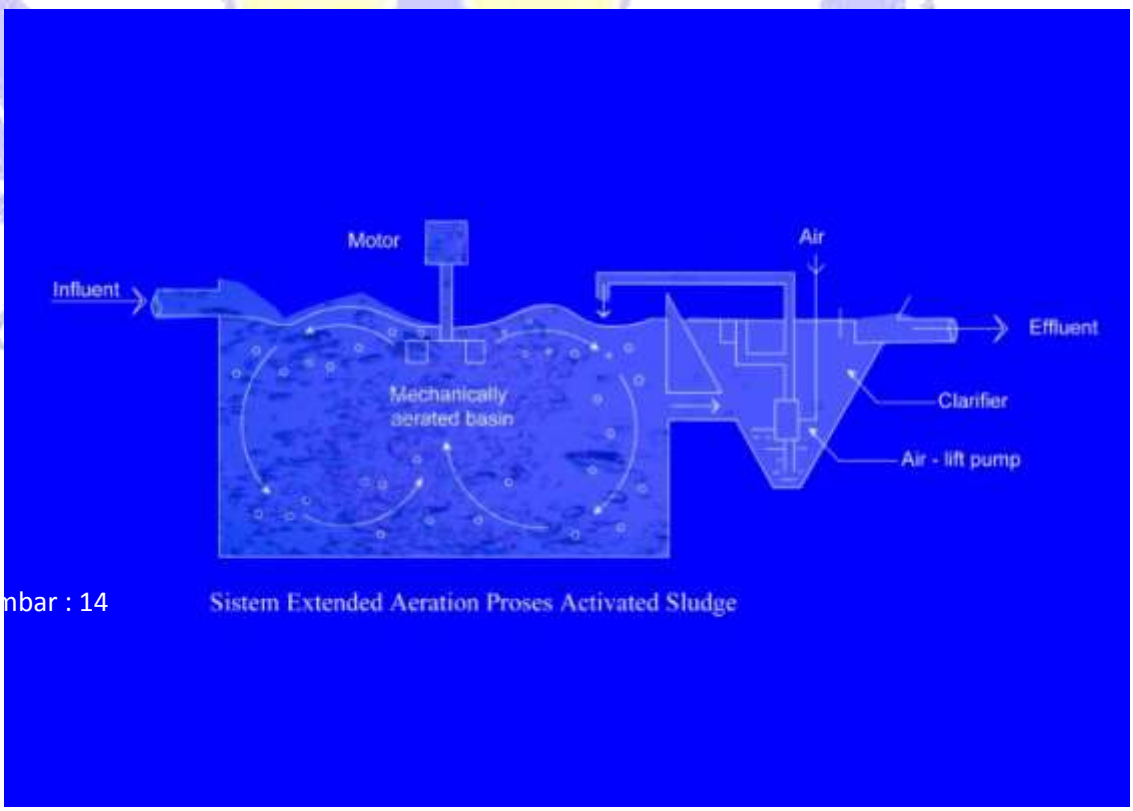
$$SS = \frac{1.000.000}{92} = 11.000 \text{ mg/L} = 1{,}1\%$$

d. Sistem Extended Aeration

Yang paling popular pada penerapan proses ini adalah untuk aliran limbah yang sedikit. Diagram umuci perencanaan proses adalah sebagai berikut :



Gambar : 13 Sistem Extended Aeration proses Activated Sludge



mbar : 14 Sistem Extended Aeration Proses Activated Sludge

Aerasi berlangsung selama 24 - 36 jam. Pada sistem ini

beban BOD rendah dan sangat stabil. Overflow pada klarifikasi berkisar antara 24 m /m^2.hari.

$$V_o = \frac{Q}{A}$$

V_o = overflow rate (m^3 / m^2 . hari)

Q = aliran infiuen (m^3 / hari)

A = luas area kolam aerasi (m^3)

Dalam sistem ini hampir seniua sludge d iresirkulasikan dan setelah beroperasi selama beberapa bulan baru sludge dikeluarkan dari sistem dengan pemompaan keluar. Kadar MLSS berkisar antara 1000 - 10.000 mg/L dalam proses ini terjadi kenaikan kadar padatan per hari sekitar 50 mg/L. Dalam sistem ini umumnya beban BOD sekitar 500 g/m .hari dengan periode aerasi 12 jam.

contoh soal

Suatu sistem extended aeration dibebani BOD dengan g/m^3.hari, dan periode aerasi 24 jam. Proses berlangsung denga tanpa pembuangan sludge (semua diresirkulasi) . Penambahan padatan tersuspensi - 30 mg/L.hari. Berapa % BOD air limbah yang dikonversi ke MLSS. Bila MLSS naik dari 1000 mg/L ke 7000 mg/L sebelum sistem dihentikan (pencucian sludge), berapa waktu yang dibutuhkan ?

Jawab :

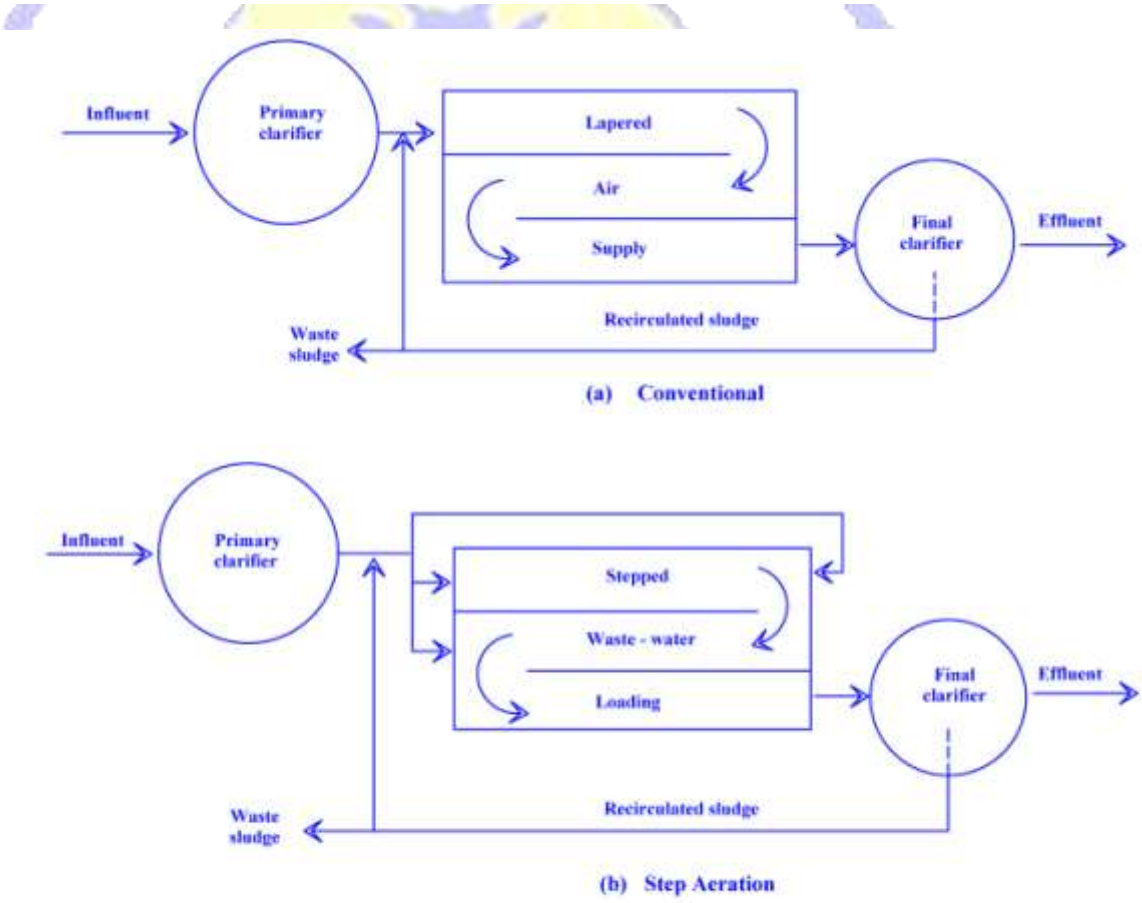
Beban BOD per hari per lt = 170 g/m^3. hari =170 mg/L.hari

$$\text{Pembentukan MLSS} = \frac{30 \text{ mg/L. hari}}{170 \text{ mg/L. hari}} \times 100 = 18\ \%$$

$$= \quad 200 \text{ hari}$$

e. Sistem Konvensional dan Step Aeration

Sistem ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 14. Sistem Konvensional proses activated sludge

Pada sistem ini udara didisporsikan ke seluruh bagian kolam aerasi yang memanjang agar proses lebih efisien. Pada sistem konvensional dan step-aeration terdapat perbedaan hanya pada permasukan influen secara bertahap melalui beberapa saluran. Pada sistem ini proses berjalan secara plug-flow, jadi rasio F/M pada lokasi dekat pemasukan influen tinggi sedangkan pada akhir saluran sangat rendah untuk menjamin fase pertumbuhan endogenous, sehingga mudah diendapkan. Pada sistem ini sludge kurang stabil bila digunakan untuk menatnpung aliran limbah > 2000 m^3/hari.

Contoh Soal

Pada sistem konvensional proses activated sludge diperoleh data operasional sebagai berikut :

Aliran air limbah	=	29.000m^3/hari
Volume kolam aerasi	=	8.500m^2
Total padatan influen	=	599 mg/l
Padatan tersuspensi influen	=	100 mg/l
BOD influen	=	173 mg/l
Total solid efluen	=	497 mg/l
Padatan tersuspensi efluen	=	22 mg/l
BOD efluen	=	20 mg/l
MLSS	=	2500 mg/l

Aliran sludge yang diresirkulasi = 110.000 m^3/hari

Kualitas sludge = 200m^3/hari

Padatan tersuspensi dalam sludge yang dibuang = 9800 mg/l

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

Atas dasar data tersebut dapat dihitung beberapa para meter

Proses seperti : periode aerasi, beban BOD, rasio F/M, total padatan, padatan tersuspensi dan efisiensi penghilang BOD, umur sludge.

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

Jawab :

$$t = \frac{8500\ m^3}{29.000\ m^3/hari} \times 24 = 7\ jam$$

$$\text{Beban BOD} = \frac{29.000\ m^3/hari \times 173\ mg/L}{8500\ m^3} = 590\ g/m^3.hari$$

$$\text{F/M} = \frac{29.000\ m^3/hari \times 173\ mg/L}{8500\ m^3 \times 2500\ mg/L} = \frac{0{,}24\ g/hari\ BOD}{g\ MLSS}$$

$$\text{Efisiensi total padatan} = \frac{599 - 497}{599} \times 100 = 17\ \%$$

$$\text{Efisiensi total padatan tersuspensi} = \frac{100 - 22}{100} \times 100 = 78\ \%$$

$$\text{Efisiensi BOD} = \frac{173 - 20}{173} \times 100 = 88\ \%$$

$$\text{Padatan tersuspensi dalam efluen} = \frac{29.000\ m^3/hari \times 22\ mg/L}{1020}$$

$$= 640\ kg/hari$$

Padatan tersuspensi dalam sludge yang dibuang :

$$\frac{200\ m^3/hari \times 9800\ mg/L}{1000} = 1960\ kg.hari$$

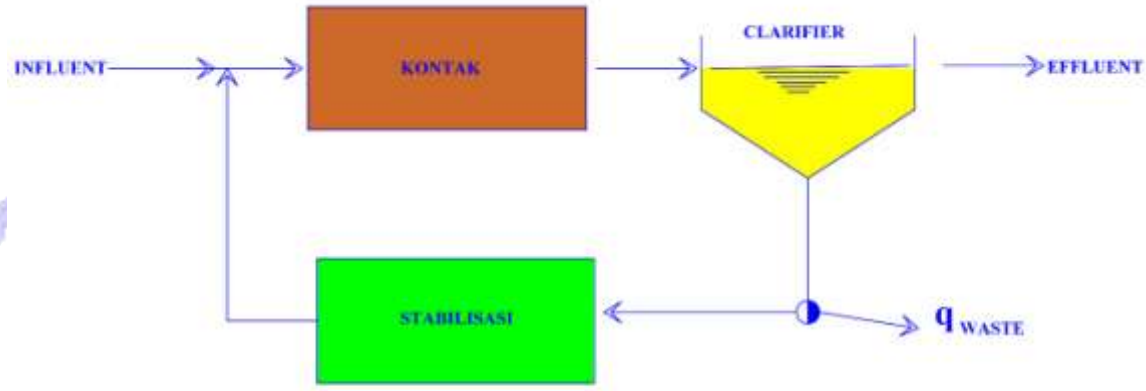
$$\text{Umur sludge} = \frac{8\,500\ m^3 \times 2500\ mg/L}{100\ (640\ kg/hari + 1960\ kg/hari)} = 8{,}2\ hari$$

$$\text{Kecepatan resirkulasi sludge} = \frac{10.000\ m^3/hari}{29.000\ m^3/hari} \times 100 = 35\%$$

f. Contact Stabilization

Dalam proses ini, air limbah dibawa kontak dengan sludge yang diresirkulasi dalam zone aerasi dalam waktu singkat (2-4 jam). Pada dasarnya polutan dikurangi melalui penyerapan flok sludge dan

kemudian dipisahkan dalam tangki klarifikasi. Sebagian dari sludge yang mengendap dibuang sedangkan sebagian yang lain dialirkan ke kolam aerasi selama 4-6 jam untuk memberi kesempatan pada proses asimilasi bahan organik yang ada. Untuk melengkapi proses resirkulasi sistem, sludge dikembalikan lagi kedaerah kontak untuk adsorpsi nutrien dan aerasi



Gambar 15. Sistem Stabilisasi Kontak

Dalam mengoperasikan proses, MLSS dijaga pada 1500-200 mg/L dalarn zone kontak, sednagkan pada aerasi 300- 5000 mg/L. Rasio F/M antara 0,2 - 0,5 dan beban BOD sekitar 15-30 kg/100 m^3. Oksigen terlarut dikendalikan pada 1-3 mg/L, dengan % resirkulasi 100% dan umur sludge sekitar 20 hari .

g. High Rate Aeration

Motivasi utama pengembangan sistem high rate aeration adalah untuk mengurangi beaya konstruksi dengan menaikkan beban BOD per satuan volume tangki aerasi serta menurunkan waktu periode aerasinya. Hal ini dapat dicapai melalui cara operasi pada rasio F/M yang tinggi dan umur sludge yang pendek. MLSS dinaikkan hingga 4000-5000 mg/L. permasalahan utama adalah pada transfer oksigen dan penendapan

sludgenya, yang hal ini harus diimbangi dengan perencanaan peralatan yang tepat. Percampuran yang homogen sangatdiharapkan dalam sistem ini agar transfer oksigen lebih efisien dengan cara pemberian fasilitas pencampur mekaniis dan tekanan aliran yang tinggi.

h. Pengendalian proses activated sludge

Proses aerasi diatur oleh kuantitas udara yang dialirkan kecepatan resirkulasi sludge, proporsi sludge yang dibuang, pengendalian MLSS dan rasic F/M. Suatu perencanaan sistem yang baik tidak banyak menimbulkan masalah bila dioperasikan dalam kondisi steady state. Dengan kata lain bahwa kuantitas air limban yang diolah per hari tetap, aerasi, pencampu ran dan kadar oksigen terlarutrelatif tetap, serta pengelua.ran sludge dari sistem sangat teratur hingga rasio F/'M optimal. Kemungkinan yang menjadi masalah umum acialah timbulnya peristiwa hulking sludge. Hal ini da.pat disebabkan oleh adanya konversi amonia kenitrat oleh bakteri nitrifikasi didalam kolam aerasi, sehingga selama waktu berada di tahap proses klarifikasi,nitrat digunakan sebagai sumber oksigen pada kondisi anaerob yang kemudian membebaskan N_2gas yang dapat dapat mengangkat flok sludge. Cara mengatasi hal ini dapat dilakukan melaluipenaikan proporsi sludge yang dibuang untuk mengurangi populasi bakteri nitrifikasi. cara lain dengan pengurangan suply oksigen agar kadar oksigen terlarut ddalam tangki aerasiturun tetapi masih cukup untuk penguranagn (oksigen) yawa karbon.

Test/uji laboratorium untuk memonitor proses activated sludgeyang diperiukan adalah kadar oksigen terlarut (DO), kadar MLSS, BOD efluen dan kadar padatan terlarut dalam efluen. BOD influen dan kecepatan alirannya diperlukan untukmenghitung beban BOD, rasio F/M serta periode aerasi. kadar padatan dalam sludge yang diresirkulasi, kualitas efluendari proses

klarifikasi dan SVI diperiukan untuk mengatur proses agar dapat berlangsung secara optimal.

Tabel 8. Beberapa parameter operasional pada sistem activated sludge

PROSES	Beban BOD g BOD / m^3. hari	Rasio F/M g/BOD/hari / g MLSS	Reriode Aerasi (Jam)	Resirkulasi Sludge (%)	Efisiensi Pengurangan BOD (%)
Exiended aeration	150 - 500	8.85 - 0.2	20 - 30	100	85 - 95
Conventional	500 - 658	8.2 - 8.5	6.8 - 7.5	30	90 - 95
Step Aeration	500 - 808	0.2 - 0.5	5.8 - 7.8	50	85 - 95
Contact Stabilisation	500 - 800	0.2 - 0.5	60 - 9.0	100	85 - 95
High Rate Aeration	> 1300	3.5 - 1.8	2.5 - 3.5	100	80 - 85
High Purity Oxygen	> 1988	8.6 - 1.5	1.0 - 3.0	58	90 - 95

3.1 Hasil Penelitian

Hasil observasi menunjukkan *limbah* cair dikelola secara modern dengan menggunakan teknologi lumpur aktiv dan hasil olahannya dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman. Jumlah limbah cair yang dikelola sebanyak 1300 m^3/hari. Diperkirakan 4.500 orang memanfaatkan 500.000 liter/hari air bersih, 86% kemudian menjadi limbah. Gambaran umum perusahaan industri pada Tabel 4.1

BAB V
PENUTUP

5.1 Simpulan

1. Proses teknologi pengolahan limbah cair dengan menggunakan sistem lumpur aktive sudah memenuhi standar operasional dengan konsep pemanfaatan.
2. Limbah cair hotel ditinjau dari aspek kualitas dan karakteristik sudah aman dan berpotensi dimanfaatkan untuk bahan baku pupuk.

5.2 Saran

1. Sebelum memanfaatan limbah cair harus dilakukan suatu penanganan melalui suatu sistem lumpur aktive.
2. Penggunaan bahan baku pupuk limbah cair harus memperhatikan Karakteristik limbah cair.

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA

DAFTAR PUSTAKA

Barek, J., Cvaka, J., Zima, J., Meo, M.D., Laget, M., Michelon, J., Castegnaro, M. 1998. Chemical Degradation of Wastes of Antineoplastic Agents Amsacrine, Azathioprice, Asparaginase and Thiotepa. *Journal the Animals of Occupationa Hygiene;* Vol.42, No.4: 259-266.

Britton G., 1994. *Radioactive Emulsion From Coal Tired Station Central Electricity.* Gematery Board.

Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi (BPPT), 1996. *Sistem Pengelolaan Limbah Cair*. Bandung: Penerbit Persatuan Insinyur Teknik.

Caldwell, B. 2001. How can Organik Vegetable Growers Increase Soil Organik Matter without Overloding the Soil with Nutrients. *Small farmer's Journal*. Vol. 25, No 3 : 223 – 23.

Creswell, Jhon W. 2009. *Reseach Design; Qualitative, Quantitative and Mixed Methode Approaches*. Los Angeles; Sage..

Duncan, M., Sandy, C. 1994. *Pemanfaatan* Limbah cair*dan Ekskreta.* Bandung: Penerbit ITB.

Direktorat Jenderal PPM & PLP, Depkes, 1996. *Pedoman Teknis Sanitasi (Penyehatan) Pengelolaan di Rumah Sakit Jakarta.*

Diaz, E. 2008. *Microbial Degradation, Bioremediation and Biotransformation.* ISBN : 978-1-904455-17-2. Disitir tanggal 17 September 2008. 8h.

Efendi, H. 2003. *Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Perairan*. Yogyakarta: PT Kanisius.

Ekhaise. F.O., and Omavwoya. B.P. 2008. *Influen*ce of Hospital Wastewater Discharged from University of Benin Teaching Hospital (UBTH), Benin City on its Receiving Environment. *American-Eurasian Journal.Agric. & Environ. Sci.;* 4(4): 484-488, ISSN 1818-6769.

Fairchild, G.I., Barry, D.A.J., Goss, M.J., Hamill, A.S., Lafrance,P., Milburn, P.H., Simard, R.R., Zebarth, B.J. 2000. *Groundwater Quality.* In The Health of Our Water Toward Sustainable Agriculture in Canada. Ed. Coote, D.R. and Gregorich, L.J. Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada. Publ. 2020/E.

Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*, Jakarta: PT Raja grapindo Persada.

Giyatmi. 2003. ”Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dokter Sarjito Yogyakarta terhadap Pencemaran Radioaktif” (*tesis*). Yoyakarta: Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.

Murachman, B. 2005b. *Teknologi Pengolahan Limbah dengan Sistem Lumpur Aktif*. Jakarta: PT Cosolindo Persada.

Nugroho, R. 1996. *Laporan Pengelolaan Limbah Cair Pulp Terhadap Kualitas Air*. Surabaya. Volume III ISSN 0854-917 tahun ke 5.

Pauwels, B., and Verstraete, W. 2006. The *treatment* of Hospital Wastewater *: an Appraisal Journal of Water and Health; 04.4.*

GUNA WIDYA SEWAKA NAGARA