

**KARAKTERISTIK PROSES KLARIFIKASI DALAM SISTEM
NITRIFIKASI-DENITRIFIKASI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
DENGAN KANDUNGAN N-NH₃ TINGGI**



SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1**

Di susun oleh

Ari setiyawan L2C6 06 006

Bayu Hari N L2C6 06 010

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Nama : Ari Setiyawan

NIM : L2C606006

Nama : Bayu Hari Nugroho

NIM : L2C606010

Judul penelitian : Karakteristik proses klarifikasi dalam system Nitrifikasi – Denitrifikasi untuk pengolahan air limbah sintesis dengan kandungan N-NH₃ tinggi

Dosen pembimbing : DR. I Nyoman Widiassa, ST. MT

Semarang, Mei 2010

Dosen Pembimbing

DR. I Nyoman Widiassa, ST.MT

NIP. 19700423 199512 1 001

KATA PENGANTAR

Skripsi dengan judul “Karakteristik proses klarifikasi dalam system Nitrifikasi-Denitrifikasi untuk pengolahan air limbah Sintetis dengan kandungan N-NH₃ tinggi” disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat S-1 pada program sarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang. Penyajian skripsi meliputi latar belakang, tujuan, manfaat penelitian yang dirangkum pada bab 1, tinjauan pustaka pada bab 2, metode penelitian pada bab 3, jadwal kegiatan pada bab 4, hasil penelitian dan pembahasan pada bab 5 dan penutup pada bab 6.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. I. Nyoman Widiasta, ST, MT selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang intensif mulai dari penulisan proposal, pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan laporan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada teman-teman atas dukungan moral, semangat, motivasi demi keberhasilan terselesaikannya laporan skripsi ini.

Tak ada yang sempurna didunia, begitupun dengan skripsi ini. Segala yang telah dilakukan dalam proses penyelesaiannya, namun kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sehingga karya ini dapat lebih bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Semarang, Mei 2010

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Singkatan	viii
Abstrak	ix
Abstract	x
BAB I. Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.1 Rumusan Masalah	2
I.1 Tujuan dan Manfaat Percobaan	2
BAB II. Tinjauan Pustaka	3
II.1 Dampak Limbah Nitrogen.....	3
II.2 Lumpur Aktif.....	5
II.3 Nitrifikasi dan Denitrifikasi	10
II.4 Sedimentasi	11
II.5 Klarifikasi Bakteri	18

BAB III. Metode Penelitian	24
III.1 Bahan	24
III.2 Alat	24
III.3 Skema Rangkaian Alat Percobaan	24
III.4 Langkah Percobaan	25
BAB IV. Hasil Percobaan dan Pembahasan	26
IV.1 Karakteristik settling rate pada konsentrasi bakteri tertentu.....	26
IV.1 Karakteristik Turbiditi pada berbagai MLSS.....	27
BAB V. Penutup	29
V.1 Kesimpulan	29
V.2 Saran	29

Daftar Pustaka

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Skema proses lumpur aktif	6
Gambar II.2 Skema ilustrasi proses Nitrifikasi-Denitrifikasi	10
Gambar II.3 Rangkaian proses	12
Gambar II.4 Profil zona ketinggian – konsentrasi padatan	16
Gambar III.3 Skema rangkaian alat percobaan	24
Gambar III.3 Skema proses settling rate	24
Gambar IV.1 Grafik hubungan waktu dan tinggi bakteri pada berbagai MLSS	26
Gambar IV.5 Grafik karakteristik turbiditi pada berbagai MLSS	28

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Produk inorganik yang terbentuk dari oksidasi protein	6
Tabel II.2 Laju yang digunakan pada OFR	14
Tabel II.3 Kriteria puncak bakteri dan rata-rata	14
Tabel II.4 Parameter dari beberapa proses lumpur aktif	17
Tabel II.5 Kriteria desian untuk klarifier	17
Tabel II.2 Faktor yang mempengaruhi kinerja klarifier	22
Tabel II.3 Perbandingan klarifier segiempat dan bentuk bundar	23

DAFTAR SINGKATAN

ADWF	= Average dry weather flow
BOD	= Biochemical Oxygen Demand
C	= Karbon
CO ₂	= Karbon dioksida
COD	= Chemical Oxygen Demand
CRT	= Cell Retention Time
F/M	= Perbandingan makanan dan mikroorganisme
H	= Hidrogen
H ₂ O	= Air
MLSS	= Mixed Liquor Suspended Solid
N	= Nitrogen
NH ₄ ⁺	= Ion ammonium
NO ₂ ⁻	= Ion nitrit
NO ₃ ⁻	= Ion nitrat
OFR	= Over Flow Rate
P	= Phosphat
PDWF	= peak dry weather flow
PWWF	= peak wet weather flow
PO ₄ ³⁻	= Ion Phosphat
RAS	= Return Activated sludge
S	= Sulfur
SLR	= Solid Loading Rate
SVI	= Sludge Volume Index
SWD	= Side water Depth
TKN	= Total Kjeldahl Nitrogen
Vta	= Volume tangki aerasi (lt)

ABSTRAK

Penelitian kombinasi proses lumpur aktif – Klarifier merupakan upaya peningkatan kinerja proses lumpur aktif. Dalam sistem ini, klarifier berfungsi sebagai tempat pengendapan lumpur. Proses pengolahan diharapkan bisa beroperasi pada konsentrasi biomassa yang tinggi dan menghasilkan sistem yang kompak sehingga diperoleh kecepatan pengendapan yang sesuai.

Beberapa hal yang dikaji dalam penelitian ini yaitu, menghitung kecepatan pengendapan lumpur dalam klarifier dan mengukur tingkat kejernihan air atau turbidity dari proses pengolahan lumpur aktif. Pada penelitian ini digunakan air limbah sintesis. Bak aerasi dibuat dari plexiglass, dengan volume kerja 150 Liter. Klarifier terbuat dari plexiglass dengan bentuk prisma terbalik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan pengendapan dan tingkat kejernihan air dipengaruhi oleh *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) atau konsentrasi bakteri. Dari hasil penelitian menunjukkan semakin besar MLSS atau konsentrasi bakteri maka kecepatan pengendapan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada MLSS 130 ml/L yang menunjukkan kecepatan pengendapan yang lebih cepat dibandingkan dengan MLSS 355 ml/L. Sedangkan untuk turbiditi diperoleh hasil semakin besar MLSS terjadi kenaikan turbiditi hal ini mengindikasikan terjadinya *pinpoint flocs*.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kehadiran senyawa nitrogen dalam effluent akhir pada proses lumpur aktif dapat menimbulkan dampak buruk atau pencemaran terhadap badan air penerima. Pada prinsipnya, komponen nitrogen dalam limbah yang dapat menimbulkan polusi adalah ion ammonium (NH_4^+), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-). Dampak terburuk jika makhluk hidup mengkonsumsi badan air yang masih mengandung senyawa nitrogen adalah kematian. Masalah-masalah yang biasa ditimbulkan oleh limbah nitrogen antara lain *dissolved oxygen depletion*, *toxicity*, *eutrophication*, dan *methemoglobinemia*. Adapun standard baku mutu yang ditetapkan pemerintah untuk menjaga kesehatan lingkungan dari *toxicity* yang ditimbulkan oleh limbah, yaitu pH effluent pada range 6 – 9, BOD₅ 50 mg/lt, COD 100 mg/lt, TSS 200 mg/lt.

Dengan tujuan untuk mengurangi senyawa nitrogen dalam limbah, maka diperlukan suatu pengolahan, salah satunya dengan proses lumpur aktif. Pada akhir proses lumpur aktif, lumpur dipisahkan dengan cairannya. Pemisahan lumpur disebut proses sedimentasi. Proses sedimentasi dipengaruhi oleh konsentrasi umpan, waktu tinggal lumpur, waktu tinggal cairan, konsentrasi biomassa, pembebanan organik, laju pembuangan lumpur, dan karakteristik pengendapan. Dari berbagai parameter tersebut, parameter yang terpenting adalah konsentrasi biomassa.

Biomassa dalam proses lumpur aktif sendiri mengalami proses aklimatisasi, dimana proses ini merupakan proses penyesuaian diri dengan kondisi dimana biomassa tersebut tinggal. Faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut biasanya suhu serta makanan.

I.2. Rumusan Masalah

Dalam laporan ini akan membahas faktor kecepatan pengendapan lumpur dalam bak sedimentasi. Kecepatan pengendapan lumpur inilah yang nantinya akan mempengaruhi air yang keluar dari bak sedimentasi (*effluent*).

I.3. Tujuan dan Manfaat Percobaan

A. Tujuan percobaan

Mengetahui laju pengendapan lumpur dan mengukur tingkat kejernihan *effluent* dalam pengolahan limbah dengan proses lumpur aktif.

B. Manfaat percobaan

- 1) Mahasiswa dapat mengetahui proses pengolahan limbah dengan proses lumpur aktif.
- 2) Mahasiswa dapat mengetahui kecepatan laju pengendapan lumpur dalam proses lumpur aktif.
- 3) Mahasiswa dapat mengetahui tingkat kejernihan air dalam proses lumpur aktif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Dampak Limbah Nitrogen

Kehadiran senyawa nitrogen dalam effluent akhir pada proses lumpur aktif dapat menimbulkan dampak buruk atau pencemaran terhadap badan air penerima (*Michael H. Gerardi, 2002*). Pada prinsipnya, komponen nitrogen dalam limbah yang dapat menimbulkan polusi adalah ion ammonium (NH_4^+), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-). Masalah polusi yang timbul sebagai akibat dari limbah nitrogen antara lain :

1) Dissolved Oxygen Depletion

Dissolved Oxygen Depletion adalah proses pengurangan oksigen terlarut dalam air yang terjadi karena konsumsi oksigen terlarut oleh aktivitas mikroba. Secara garis besar, pengurangan ini dapat ditinjau dari 2 mekanisme yaitu pertama, ion ammonium dioksidasi menjadi ion nitrit, dan ion nitrit dioksidasi menjadi ion nitrat. Yang kedua, ion ammonium, nitrit, dan nitrat merupakan nutrient nitrogen untuk pertumbuhan lingkungan air, khususnya algae. Ketika algae mati, maka oksigen terlarut digunakan oleh bakteri untuk mendekomposisikan material organik tersebut.

2) Toxicity

Toxicity adalah racun yang diakibatkan oleh adanya ion ammonium, nitrit, nitrat dikehidupan perairan terutama ikan. Ion nitrit adalah yang paling beracun. Meskipun ion ammonium merupakan nutrient nitrogen yang paling disukai oleh kebanyakan organisme, namun ion ammonium akan berubah menjadi ammonia dengan meningkatnya pH. Ammonia ini yang dapat meracuni kehidupan air.

3) Eutrophication

Meskipun posphat (PO_4^{3-}) merupakan sumber utama proses eutrofikasi, namun limbah nitrogen juga mempunyai kontribusi terhadap masalah ini. Eutrofikasi adalah pelepasan nutrisi tumbuhan, khususnya yang mengandung phospor dan nitrogen dimana kuantitasnya tidak diinginkan dalam badan air, seperti danau dan kolam. Kehadiran nutrisi tumbuhan tersebut akan meningkatkan pertumbuhan algae. Ketika algae ini mati maka badan air akan dipenuhi oleh sejumlah algae yang tidak terdekomposisi.

Eutrofikasi juga dapat menimbulkan masalah baru, diantaranya adalah fluktuasi konsentrasi oksigen terlarut, penyumbatan saluran badan air, dan timbulnya warna, rasa, dan tingkat kekeruhan akibat dari pertumbuhan dan kematian tumbuhan air.

4) Methemoglobinemia

Methemoglobinemia atau biasa disebut *baby blue syndrome* merupakan penyakit yang dialami oleh bayi karena mengkonsumsi air tanah yang telah terkontaminasi oleh nitrit. Jika seorang bayi mengkonsumsi makanan / minuman yang terbuat dari air tanah yang telah terkontaminasi oleh ion nitrat, ion tersebut sangat mudah untuk diubah menjadi ion nitrit di dalam pencernaan bayi. Ion nitrit akan masuk ke dalam sistem peredaran darah secara cepat, dan berikatan dengan besi dalam hemoglobin atau sel darah merah.

Kehadiran ion nitrit akan menghambat aliran oksigen dalam hemoglobin melewati jantung. Kekurangan oksigen akan membuat tubuh bayi menjadi biru. Jika kekurangan oksigen terjadi di otak bayi maka bisa terjadi kematian.

Untuk mengurangi pengaruh dari limbah nitrogen terhadap kualitas air, maka dapat dilakukan proses lumpur aktif. Proses ini meliputi

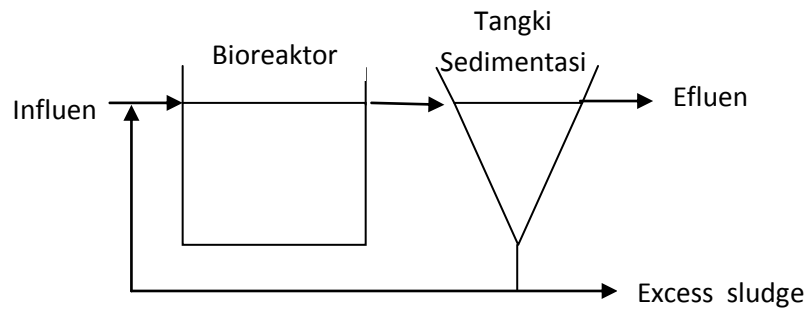
proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi dimaksudkan untuk memenuhi batas keluaran total nitrogen atau Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). Adanya tuntutan kualitas air yang lebih baik semakin mendorong perlunya pengolahan air limbah yang mengandung senyawa nitrogen dengan proses lumpur aktif. Jika proses nitrifikasi/denitrifikasi tidak dapat dimonitor dan dikontrol, besar kemungkinan bahwa target penurunan total nitrogen tidak terpenuhi dan biaya operasi meningkat.

II.2. Lumpur Aktif (*activated sludge*)

Proses lumpur aktif secara umum dan efektif digunakan untuk mengolah padatan terlarut dan bahan organik yang dapat di degradasi. Hal ini adalah suatu teknik yang baik digunakan untuk pengolahan limbah cair organik (*Nicholas P. Cheremisinoff, 1996*). Proses lumpur aktif digunakan untuk mengolah limbah cair yang mengandung bahan kimia organik, limbah penyulingan minyak bumi, limbah tekstil, dan limbah-limbah kota.

Lumpur aktif merupakan suatu padatan organik yang telah mengalami peruraian secara hayati sehingga terbentuk biomassa yang aktif dan mampu menyerap partikel serta merombaknya dan kemudian membentuk massa yang mudah mengendap dan atau menyerap sebagai gas (*Perdana Ginting, 2007*). Lumpur aktif dikenal dengan istilah Mixed Liquor Suspended Solid adalah jumlah total suspended solid yang berasal dari bak pengendapan lumpur. Keaktifan lumpur ditentukan oleh konsentrasi MLSS. Lumpur banyak mengandung zat pengurai sehingga sangat baik untuk menguraikan bahan-bahan organik yang masih baru.

Proses lumpur aktif ini termasuk proses pengolahan biologis, karena menggunakan bantuan mikroorganisme dalam proses pengolahannya. Pada proses ini terdiri dari 2 unit yang penting yaitu bioreaktor atau tangki aerasi, dan yang kedua adalah tangki sedimentasi atau biasa disebut *clarifier*. Susunan kedua unit ini sebagai berikut :



Gambar II.1 Skema proses lumpur aktif

Limbah yang didegradasi oleh bakteri merupakan substrat yang digunakan untuk memperoleh karbon dan energy. Indikasi tersebut ditunjukkan dengan nilai BOD. BOD adalah sejumlah oksigen terlarut yang diukur dalam milligram per liter yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, khususnya bakteri, untuk mengoksidasi atau mendegradasi limbah menjadi bentuk komponen inorganik yang sederhana, dan memperbanyak sel bakteri.

Pada kondisi operasi yang tepat dan waktu aerasi yang cukup, maka bakteri mampu mengubah substrat menjadi produk yang sederhana. Beberapa senyawa nitrogen-organik seperti protein mengandung C, H, N, O, P, dan S. ketika protein didegradasi oleh bakteri, maka bakteri akan memperoleh C untuk pertumbuhan, energy untuk aktifitas sel, serta melepaskan produk inorganik (Tabel 1).

Tabel II.1. Produk inorganik yang terbentuk dari oksidasi protein

Elemen yang terdapat dalam protein	Produk inorganik yang terbentuk
Karbon (C)	Karbon dioksida (CO ₂)
Hydrogen (H)	Air (H ₂ O)
Nitrogen (N)	Ion ammonium (NH ₄ ⁺)
Oksigen (O)	Air (H ₂ O)
Phosphor (P)	Ion fosfat (PO ₄ ³⁻)
Sulfur (S)	Ion sulfat (SO ₄ ²⁻)

Sumber : *nitrification and denitrification in the activated sludge proses.*

Michael H. Gerardi.

Ion ammonium yang dihasilkan dari *sewer* dan tangki aerasi melalui proses hidrolisis dan deaminasi adalah substrat untuk bakteri yang mengoksidasi nitrogen dalam bentuk ion ammonium. Oksidasi ion ammonium oleh bakteri disebut nitrifikasi. Ketika ion ammonium dioksidasi, bakteri memperoleh energy dan melepas ion nitrit (NO_2^-). Ion nitrit yang dihasilkan akan dioksidasi lebih lanjut oleh bakteri menjadi ion nitrat (NO_3^-). Oksidasi ion nitrit oleh bakteri disebut proses nitrifikasi. Ketika ion nitrit dioksidasi, bakteri memperoleh energy dan melepas ion nitrat (NO_3^-). Ketika bakteri mengoksidasi substrat, maka proses reproduksi akan terjadi atau terjadi peningkatan populasi bakteri. Bakteri mewakili jumlah padatan dalam tangki aerasi. Oleh karena itu ketika populasi bakteri meningkat selama proses reproduksi, maka jumlah padatan dalam tangki aerasi juga meningkat. Padatan dalam tangki aerasi merupakan lumpur. Karena lumpur diaerasi dan bakteri menjadi aktif selama proses aerasi, maka lumpur aktif digunakan untuk mendeskripsikan proses dimana padatan bakteri aktif dalam pengolahan limbah dalam tangki aerasi.

Dalam proses lumpur aktif, mikroorganisme dalam biomassa (bakteri dan biomassa) mengkonversi bahan organik terlarut sebagian menjadi produk akhir (H_2O dan CO_2) dan sebagian lagi menjadi sel (biomassa) baru. Oleh karena itu, agar proses perombakan bahan organik berlangsung secara optimum syarat berikut harus terpenuhi :

- 1) Polutan dalam limbah cair harus kontak dengan mikroorganisme.
- 2) Suplai oksigen cukup.
- 3) Cukup nutrient.
- 4) Cukup waktu tinggal (waktu kontak).
- 5) Cukup biomassa jumlah dan jenis.

Tujuan pengolahan limbah cair dengan system lumpur aktif dapat dibedakan menjadi 4, yaitu :

- 1) Penyisihan senyawa karbon (oksidasi karbon).
- 2) Penyisihan senyawa nitrogen.
- 3) Penyisihan fosfor.
- 4) Stabilisasi lumpur secara aerobik simultan.

Diharapkan proses lumpur aktif ini tidak menimbulkan bau dan air olahan yang cukup jernih. Lumpur aktif dapat digunakan berulang-ulang bila lokasi yang tidak cukup luas (*Perdana Ginting, 2007*). Meskipun demikian biaya operasi cukup tinggi karena memerlukan alat – alat mekanik membawa lumpur dan memasukkan udara ke dalam lumpur. Perubahan kualitas dan jumlah air sangat mempengaruhi kondisi efisiensi. Butiran lumpur dan waktu tinggal lumpur dalam reaktor perlu diperhatikan.

Butiran lumpur yang keras sulit mengendap sehingga sulit dipisahkan dari cairan. Bila lumpur ini terlalu banyak akan menutupi permukaan dan menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme tidak baik. Butiran ini terjadi karena rendahnya oksigen yang terlarut, tidak tersedia nutrisi yang cukup, waktu tinggal lumpur terlalu lama.

Oleh karena itu senantiasa perlu diketahui perbandingan volume lumpur dan berat lumpur yang disebut dengan angka volume lumpur (AVL) atau sludge volume indeks (SVI) (*Perdana Ginting, 2007*). Untuk mendapatkan proses pengolahan yang baik perlu dipertimbangkan adalah :

1. Perlu ditetapkan kebutuhan udara untuk setiap meter kubik limbah yang diolah. Untuk itu harus diketahui jumlah power yang dibutuhkan serta kemampuannya untuk mentransfer udara setiap waktu.
2. Perlu ditetapkan waktu penahanan hidrolis yang maksimum dan waktu penahanan lumpur.

3. Kebutuhan udara yang dimasukkan dengan jumlah BOD yang diolah untuk menentukan efektifitas pengolahan
4. Untuk menentukan waktu tinggal lumpur dengan menggunakan perhitungan :

$$CRT = \frac{MLSS \times V_{ta}}{W_r \times K_i}$$

Dimana :

CRT : Cell Retention Time

MLSS : Mixed Liquor Suspended Solid (mg/l)

V_{ta} : Volume tangki aerasi (lt)

W_r : Jumlah lumpur yang dibuang dari tangki aerasi (lt/detik)

K_i : Jumlah lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi (mg/l)

5. Perbandingan jumlah makanan dan mikroorganisme pada umumnya merupakan angka : 0,2 – 0,3 dihitung dengan rumus :

$$F_m = \frac{BOD \times V_1}{MLSS \times V_{ta}}$$

Dimana :

F_m : Perbandingan makanan dan mikroorganisme

BOD : Biochemical Oxigen Demand (kg)

V₁ : Volume Limbah (m³/hari)

MLSS : Mixed Liquor Suspended Solid (kg/m³)

V_{ta} : Volume Tangki Aerasi (m³)

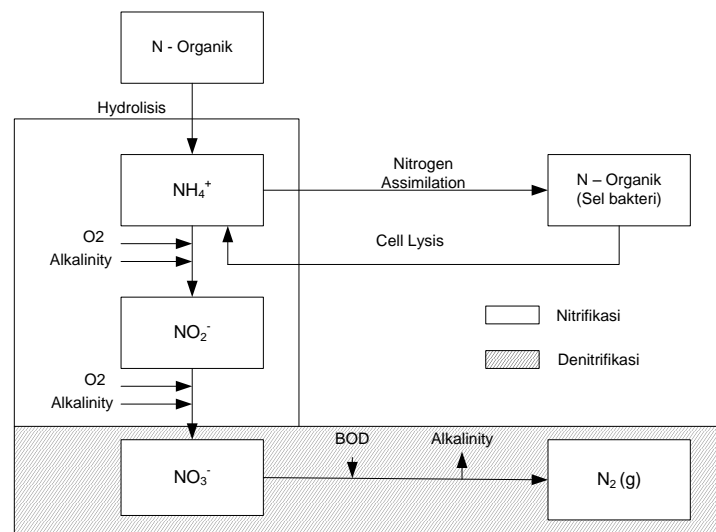
6. Untuk menghitung Indeks Volume Lumpur (IVL) adalah :

$$IVL = \frac{ML}{MLSS} \times 100\%$$

Perbandingan ini dinyatakan dari volume lumpur setelah 30 menit mengendap (ML) dibandingkan berat kering lumpur.

II.3. Nitrifikasi dan Denitrifikasi

Proses biologis nitrifikasi dan denitrifikasi dapat diilustrasikan seperti gambar 2 berikut ini :

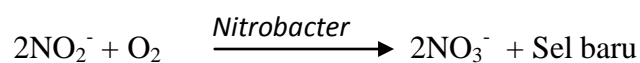
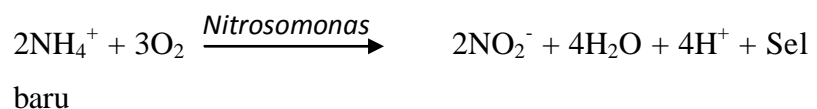


Gambar. II.2. Skema ilustrasi proses Nitrifikasi-Denitrifikasi

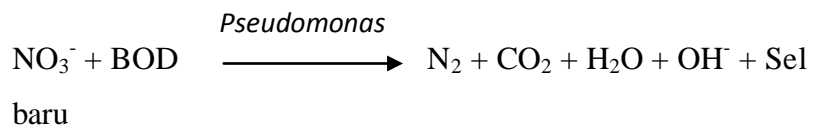
Proses nitrifikasi membutuhkan oksigen dan alkalinity, dan sebagian nitrogen digunakan untuk sintesa biomassa (lumpur-proses lumpur aktif). Proses denitrifikasi terjadi dibawah kondisi anoxic, mengkonsumsi BOD dan menghasilkan alkalinity dan sel baru.

Reaksi dimana selama proses nitrifikasi-denitrifikasi terlihat sebagai berikut :

- Nitrifikasi



- Denitrifikasi



Nitrifikasi secara biologis adalah oksidasi ion ammonium menjadi ion nitrit, serta ion nitrit menjadi ion nitrat (*Michael H. Gerardi, 2002*). Selama proses oksidasi ion ammonium dan ion nitrit, oksigen ditambahkan kedalam ion-ion tersebut oleh bakteri nitrifikasi. Denitrifikasi dideskripsikan sebagai penggunaan ion nitrat atau ion nitrit oleh bakteri denitrifikasi (anaerob fakultatif) untuk mendegradasi BOD_c. Meskipun denitrifikasi sering dikombinasikan dengan aerob untuk menyisihkan variasi komponen nitrogen dari limbah, namun denitrifikasi berlangsung ketika kondisi anoxic (tidak ada oksigen). (*W. Wesley Wckenfelder, and Jack L. Musterman, 1995*).

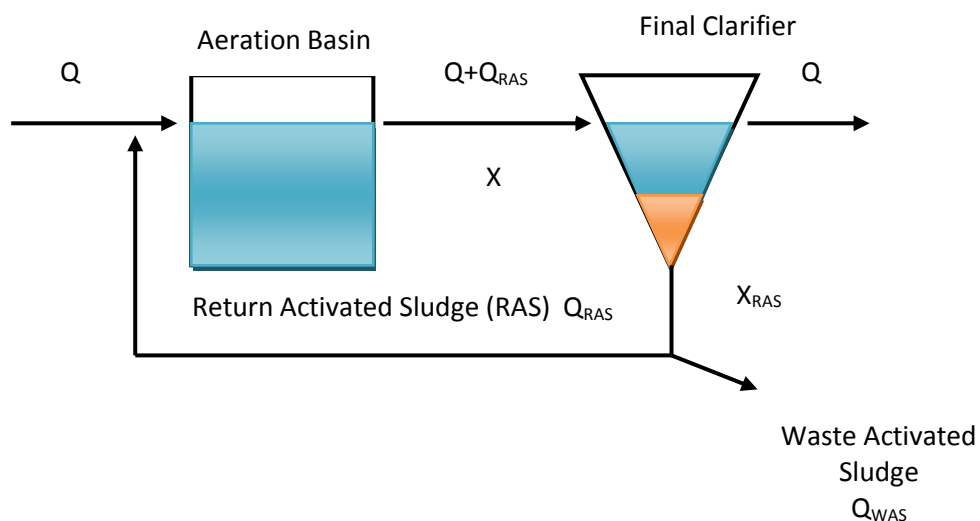
II.4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel dari fluidanya (air) yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi atau centrifugal (*A. Rushton and friend, 1996*). Dalam proses sedimentasi hanya partikel-partikel yang lebih berat dari air yang dapat terpisah, misalnya lumpur. Bak sedimentasi sendiri dapat diletakkan sebelum proses lumpur aktif atau yang disebut *primary clarifier*, sedimentasi diletakkan di awal proses guna untuk memisahkan komponen-komponen terapung seperti minyak dan lemak, serta padatan berat yang berada pada bagian bawah clarifier. Adapula bak sedimentasi diletakkan setelah proses lumpur aktif, guna untuk memisahkan partikel-partikel lumpur dengan fluida bersihnya, sehingga effluent yang berupa air bersih bisa langsung dibuang ke lingkungan dengan catatan kandungan nitrogen dalam effluent memenuhi standart buangan air ke lingkungan (*Michael H. Gerardi, 2002*).

Bagian terpenting dalam perencanaan unit sedimentasi adalah mengetahui kecepatan pengendapan (settling rate) dari partikel-partikel yang akan dipindahkan (Sakti A. Siregar, 2005).

Menurut A. Rushton dkk, perlakuan settling partikel ditentukan dari 2 faktor, yang pertama yaitu konsentrasi dari partikel padatannya dan yang kedua adalah status penggumpalan dari partikel itu sendiri. Dengan meningkatnya konsentrasi padatan, settling akan lebih cepat, begitupula dengan penggumpalan partikel selama proses sedimentasi. Bersatunya beberapa partikel membentuk gumpalan akan memperbesar rapat massanya, sehingga akan mempercepat pengendapannya. Misalnya dalam proses lumpur aktif ini keluaran suspensi biomassa dialirkan ke bak sedimentasi. Dengan adanya konsentrasi yang cukup besar dan adanya gaya gravitasi maka biomassa atau lumpur tersebut akan terpisah dengan airnya.

II.4.1. Parameter Perancangan



Gambar II.3 Rangkaian proses

Alternatif desain klarifier dapat disesuaikan untuk setiap pengolahan limbah atau lumpur aktif. Desain dapat dikembangkan menurut kriteria masing-masing pengolahan. Meningkatkan *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) pada klarifier lebih baik dalam pengolahan dari pada meningkatkan laju *Return Activated Sludge* (RAS). Meningkatkan laju RAS pada laju pembuangan yang tinggi akan meningkatkan total fluk $[(Q+Q_{RAS})]$

(MLSS) hal ini sama dengan memasukan total energi sebesar $[(Q+QRAS^2)]$ dalam klarifier dan akan menyebabkan pelemahan lebih lanjut dan kehilangan padatan [16].

Kriteria yang digunakan dalam desain dan tahap pengopersian klarifier yang biasanya digunakan overflow rate dan solid loading rate yang paling penting. Kriteria desain yang lain adalah sebagai berikut ini:

1. Over Flow Rate

Over Flow Rate adalah flok settler dalam klarifier yang memisah dengan cairan bening yang berada diatas. Kenaikan velocity air menunjukkan adanya over flow rate (OFR) dengan satuan gpd/ft^2 dan dapat diartikan juga pembagian antara laju (gpd) dengan luas permukaan klarifier (ft^2).

Ketika klarifier dioperasikan pada OFR yang lebih spesifik, semua partikel mengalami settling velocity yang lebih besar kemudian proses OFR dihentikan. Partikel dengan settling velocity yang rendah akan diangkat keluar menjadi effluent. Dengan pemakaian OFR yang tepat, klarifikasi dapat berjalan.[32]

Over Flow rate yang digunakan untuk desain klarifier perlu memperhatikan basis dari average dry weather flow (ADWF) dan seluruh luas klarifier menunjukkan ADWF yang bervariasi dari 0,5 sampai 2 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ (300 sampai 1.000 gpd/sq ft). Beberapa rancangan operasi dapat berjalan lancar pada rentang nilai yang besar dan menghasilkan keluaran dengan kualitas yang tinggi. Dalam banyak kasus, dalam laju alir pipa yang tinggi dengan laju 2,7 sampai 3,1 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ (1.600 sampai 1.800 gpd/sq ft) tidak menimbulkan eksese pada kapasitas klarifier sekunder.

Kapasitas klarifier pun telah dikembangkan pada tahun 1970. Pengembangan dalam desain ini meliputi struktur umpan dan keluaran, dan penghilangan lumpur sehingga dapat meningkatkan laju. Proyeksi pengembangan ini adalah optimalisasi desain klarifier menghasilkan 15 sampai 20 % kapasitas hydraulic yang lebih besar (WEF, 1998).[10]

Tabel II.2 Berikut ini merupakan beberapa laju yang digunakan pada OFR

Flow	Klarifier bundar		Klarifier segi empat	
	Range	Rata-rata	Range	Rata-rata
Rata-rata	0,68 – 1,19 (400 – 700)	0,95 (560)	0,68 – 1,19 (400 – 700)	0,95 (560)
Puncak	1,70 – 2,72 (1.000 – 16.000)	2,09 (1230) ^a	1,70 – 2,72 (1.000 – 16.000)	2,10 (1240) ^b

Tabel 1. Laju yang digunakan OFR

^a 10 dari 15 tetapan yang digunakan 2,04 m³/m².h (1.200 gpd/sq ft)

^b 8 dari 13 tetapan yang digunakan 2,04 m³/m².h (1.200 gpd/sq ft)

Tabel II.3 Berikut merupakan kriteria puncak bakteri dan rata-rata

	Medium CWZ*	Bawah CWZ
Kondisi <i>hydraulic</i>	1,83 – 3,05 m	3,05 – 4,57 m
Rata-rata OFR (m ³ /m ² .h)	0,091 CWZ	0,182 CWZ
Maksimum OFR (m ³ /m ² .h)	0,278 CWZ	0,556 CWZ

Keterangan: * CWZ = Clear Water Zone[10]

2. Solid Loading Rate

Solid Loading Rate pada klarifier dengan satuan lb/d/ft² menunjukkan bahwa massa padatan yang digunakan per satuan luas per satuan waktu. Persamaan solid loading rate (SLR) adalah sebagai berikut:

$$SLR = 8,34 \times (Q + Q_{RAS}) \times X/A$$

Dimana,

Q : Laju umpan, mgd

QRAS : laju RAS, mgd

X : Konsentrasi MLSS, mg/L

A : Luas permukaan klarifier, ft²

Jumlah maksimum padatan yang dapat dipindahkan ke dasar klarifier disebut *limiting fluk*. Ketika *limiting fluk* dalam SLR eksek maka jumlah lumpur yang ada dalam bak tidak dapat dihitung. Tetapan maksimum yang diperbolehkan dalam mendesain klarifier merupakan unsur utama yang paling penting untuk memastikan apakah klarifier dapat bekerja efektif.[10 32] Biasanya SLR yang digunakan pada rentang nilai 25 sampai 35 lb/d/ft² atau 100 sampai 150 kg/m².d.[10] Laju yang tinggi diatas 50 lb/d/ft² atau 240 kg/m².d dapat dihitung dengan SVI yang rendah.

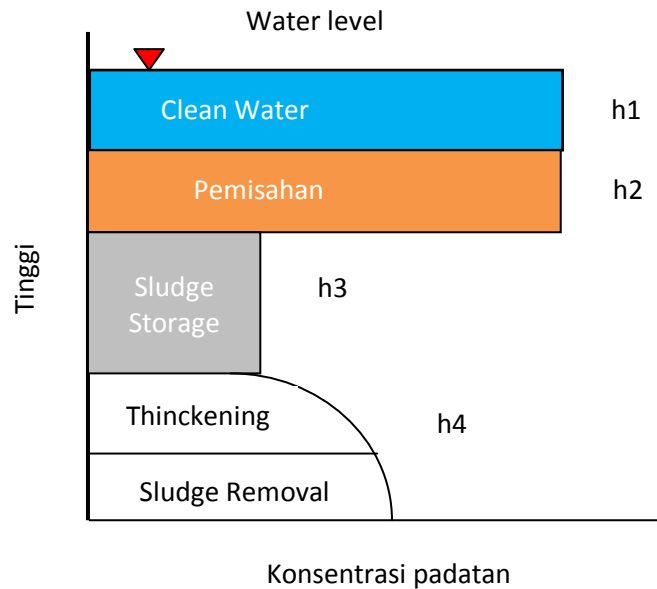
3. *Side Water Depth*

Dasar pemilihan *Side Water Depth* adalah dasar ukuran satuan atau jenis proses biologis. Umumnya bila digunakan klarifier dengan bentuk bundar maka ketinggiannya dibuat lebih tinggi. Rentang harga yang direkomendasikan dari 2,4 sampai 2,6 m (8 sampai 15 ft). Keadaan /karakteristik tangki umpan dan keluaran langsung berhubungan dengan kualitas effluent (Miller and Miller, 1978) yang menunjukkan efek dari ketinggian (*depth*) terhadap kualitas effluent. Sama seperti OFR, konsentrasi rata-rata padatan terlarut dalam effluent sebagai pengaruh dari kenaikan ketinggian (*depth*). Variabel dalam kualitas effluent menurun dengan peningkatan ketinggian (*depth*). Ketinggian tangki dihitung dari 4 fungsi yaitu

1. Daerah air bersih (Clear water zone)
2. Daerah pemisahan (Separation zone)
3. Daerah penyimpanan lumpur (Sludge storage zone)
4. Daerah thickening dan penghilangan lumpur (Thickening and sludge removal zone)

Side water depth (SWD) yang digunakan dalam metode ini adalah jenis SWD yang mempunyai ketinggian (*depth*) yang lebih dalam dari 4 m (13 ft). Hal ini

masih wajar mengingat ketinggian yang masih dapat digunakan pada klarifier sekunder berada pada rentang 4 sampai 5 m (12 sampai 15 ft).[10 32]



Gambar II.4. Profil zona ketinggian – konsentrasi padatan[32]

4. Surface Loading Rate

Surface Loading Rate adalah jumlah lumpur aktif yang dipindahkan gallon per luas permukaan 1 ft² tank per hari. Ini dapat digunakan untuk membandingkan kondisi aktual desain. Biasanya desain plan menggunakan *surface loading rate* sebesar 300 sampai 1200 gal/d/ft².

Beberapa kondisi yang menggunakan persamaan *surface loading rate* adalah *surface overflow rate* dan *surface settling rate*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Surface Loading Rate} \left(\frac{\text{gal}}{\text{ft}^2} \right) = \frac{Q \text{ (gal/d)}}{\text{Surface Area (ft}^2\text{)}}$$

5. Weir Overflow Rate

Weir overflow rate adalah jumlah cairan yang keluar dari tangki settling per linier ft. Hasil dari perhitungan dapat digunakan sebagai perbandingan desain. Laju weir overflow rate normal biasanya 10.000 sampai 20.000 gal/d/lineal ft yang digunakan sebagai desain dari settling tank. Persamaan *Weir overflow rate* sebagai berikut:[31]

$$\text{Weir Overflow Rate } \left(\frac{\text{gal}}{\text{Lineal ft}} \right) = \frac{Q \text{ (gal/d)}}{\text{Weir Length (lineal ft)}} \cdot d$$

Selain parameter diatas terdapat pula beberapa parameter lain yang direkomendasikan untuk pengolahan limbah lumpur aktif antara lain:

Tipe Proses	Rata-rata desain laju alir (m ³ /d)	Minimum <i>Detention Time</i> (h)	Maximum Overflow rate (m ³ /m ² .d)
Konvensional, Laju alir tinggi, <i>step aeration</i>	2000,	3,0	24
	2000 sampai 6000	2,5	28
	dan 6000 keatas	2,0	32
Kontak	2000,	3,6	20
Stabilisasi	2000 sampai 6000	3,0	24
	dan 6000 keatas	2,5	28
<i>Extended Aeration</i>	200,	4,0	12
	200 sampai 600	3,6	12
	dan 600 keatas	3,0	24

Table II.4. Parameter dari beberapa proses lumpur aktif

Tabel diatas merupakan parameter untuk tangki klarifier yang sesuai untuk setiap jenis proses pengolahan. Spesifik overflow dan *Detention rate* dipilih sebagai dasar pengukuran pada setiap tipe proses. *Weir Loading* biasanya lebih rendah, hal ini berfungsi untuk mengurangi velocity pada air [10 31 32].

Tabel II.5. Kriteria desian untuk klarifier ukuran 27,4 mφ x 4,27 m SWD klarifier sekunder.

Parameter	Unit	Maksimum bulan	Maksimum hari	Rata-rata hari (-1SC)	Jam optimum

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Inflow	L/s	135	193	137	263
RAS + WAS	L/s	78	88	71	96
Total	L/s	213	281	208	359
MLSS	Mg/L	3.783	3.222 ^a	3.500	
SVI (maks)	Mg/g	120	120	120	
RSS	Mg/L	10.310	10.310	10.310	11.000
OFR	m/h	0,82	1,17	0,83	1,60
SLR	kg/m ² .h	4,9	5,5	4,4	
Inventory Shift ^b	kg	0	6.550	0	
Inventory shift d_{IV} ^b	m	0,0	0,64	0,0	

Catatan:konversi: 43,8 L/s = 1,0 mgd; 1,0 m/h = 590 gal/ft².d; i,0 kg/m².h = 4,92 lb/ft².d:
1,0 kg = 2,204 lb; 1,0 m = 3,28 ft.

^a Volume aerasi dari 15.910 m³ 94,2 MG) diterapkan pada *Inventory shift calculation*

^b maksimum *Inventory shift* yang diperkirakan mengalami peningkatan (d_{IV}) pada volume lumpur 8.000 mg/L dalam klarifier selama terjadi aliran pada maksimum hari.[16]

II.5. Klarifikasi bakteri

Pemisahan padatan secara gravitasi dengan klarifier telah lama digunakan dalam pengolahan limbah cair industri. Biasanya istilah klarifikasi dan sedimentasi atau bahan yang digunakan untuk menjelaskan pemisahan dengan gravitasi dalam unit operasi tergantung pada fokus dan tujuan yang ada didalam klarifier cairan atau padatan sedimentasi. Banyak klarifier yang sengaja dirancang atau dioperasikan untuk memproduksi endapan primer lumpur, namun nantinya lumpur ini akan diendapkan bersama-sama dengan influent dalam suatu klarifikasi primer. Mungkin untuk alasan ini, desain dari klarifikasi primer ini telah perkembangan untuk

mendapatkan hasil yang lebih baik lagi. Alasan utama adalah kurangnya pemahaman tentang polutan apa saja yang ada didalam klarifikasi primer yang dapat dihilangkan. Sebagai contoh tidak jarang kita melihat banyak perencanaan pengolahan limbah yang mengatakan bahwa klarifikasi primer dirancang untuk menghilangkan 60 % total padatan tersuspensi. Dalam kenyataannya yang dapat terhapus 60 % merupakan sebuah asumsi.

Performa dari semua klarifikasi dapat ditentukan, dalam beberapa kasus dapat dilakukan dengan melihat karakteristik settling partikel tersuspensi khususnya pada *settling velocity*. Klarifier pada pengolahan lumpur dapat menyesuaikan teori yang sama dengan klarifikasi primer maupun sekunder dalam aplikasinya. Settling dalam klarifikasi primer adalah suatu flokulasi yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah basah maupun kering. Sedimentasi primer dengan penambahan influent primer kedalam limbah (co-settling) merupakan suatu settling yang masuk pada settling flokulasi (settling flocculent) ini yang dapat berjalan pada keadaan dibawah kondisi optimal. Dalam artian dengan limbah yang pekat yang mengandung BOD lebih besar dari 300 mg/l dan proses lumpur aktif yang hanya membutuhkan waktu retensi padatan atau Solid Retention Time (SRT) yang singkat. Konsentrasi padatan tersuspensi pada influent dalam klarifikasi primer dapat ditingkatkan menjadi 500 mg/l atau lebih dengan menambahkan lebih banyak lumpur aktif kedalam klarifikasi primer.

Ada berbagai tipe klarifikasi yang dapat digunakan secara konvensional. Pada treatment primer konvensional atau disebut juga treatment klasik atau juga disebut sedimentasi primer yang mana desain dan performanya berdasarkan pada kecenderungan yang mengarah pada kemampuan alami dari suatu partikel dalam limbah cair seperti berapa lama partikel itu mengendap, berapa waktu tinggal rata-rata didalam klarifier. Sedimentasi primer lebih banyak digunakan untuk mengolah bahan baku limbah cair perkotaan karena proses atau treatment ini sangat mudah dilakukan dan mempunyai kemampuan untuk menghilangkan TSS dan

BOD₅ dalam limbah cair mentah dalam persentase yang banyak dengan biaya yang lebih sedikit. Dilihat dari kemampuan proses sedimentasi primer ini maka cara ini banyak dikembangkan dalam berbagai studi sebagai strategi treatment limbah basah dalam proses lumpur aktif.

Bentuk dari klarifier ini dapat untuk menentukan pola suatu aliran apakah itu pola aliran radial ataupun plug flow. Tangki aliran radial dapat berbentuk lingkaran, segi empat (rectangular), segi enam (hexagonal), maupun segi delapan (octogonal). Sedangkan aliran plug flow mempunyai tangki berbentuk segi empat (rectangular). Namun bentuk yang selama ini banyak digunakan adalah lingkaran (circular) dan segi empat (rectangular) klarifikasi. Bila bentuk tangki klarifikasi segi empat mempunyai bentuk yang baik maka kemampuan dai klarifikasi ini dapat beroperasi sama baiknya dengan tangki klarifikasi berbentuk lingkaran (circular).

Clarifier digunakan dalam proses lumpur aktif terdapat 2 fungsi yaitu yang pertama memisahkan gumpalan biomassa untuk menghasilkan air keluaran yang telah di klarifikasi, dan yang kedua meningkatkan konsentrasi biomassa untuk dikembalikan ke arus bioreactor (thickening). (*Leslie Grady and friend*)

Pemisahan secara gravitasi dari padat cair, menghasilkan padatan yang berada dibawah. Pemisahan ini banyak digunakan dalam pengolahan limbah (*Thomas E. Wilson, 2005*). Banyak clarifier utama yang sengaja dirancang dan atau dioperasikan untuk mengkasikan endapan lumpur pertama, yang sebenarnya lebih dicontohkan dalam praktik, endapan dipompakan ke dalam lumpur aktif untuk bersama-sama diendapkan dengan bahan lumpur utama. Clarifier pertama berpotensi untuk mengurangi TSS dan COD atau BOD sehingga dapat mengurangi biaya operasional daripada proses pengolahan yang ada sekarang.

Secondary clarifier tidak berfungsi dalam isolasi dan tidak dapat dirancang tanpa mempertimbangkan proses hulu dan hilir untuk alasan berikut :

- Efisiensi clarifier dipengaruhi oleh kualitas lumpur (misal : bagaimana pengendapan terjadi, compact, gumpalan) hal itu disebabkan oleh kondisi (kelebihan saat aerasi, kekurangan udara saat aerasi, rendahnya makanan ke ratio mikroorganisme [F/M] dan sebagainya) dalam bioreactor.
- Rendahnya kecepatan pengendapan akan berdampak pada melemahnya endapan yang dikembalikan pada proses lumpur aktif dan laju alir *return activated sludge* (RAS) untuk bioreactor yang sama.
- Kelebihan aliran pengangkutan MLSS dengan pompa atau penurunan yang signifikan dalam profil hidrolis akan menyebabkan kerusakan gumpalan, sehingga membutuhkan penggumpalan kembali.
- Penyaringan hasil pengeluaran mungkin dengan system mengumpulkan endapan secara vacuum dan memompa kotoran tertentu.
- Menyediakan gumpalan lumpur pada bioreactor, sesuai rancangan clarifier akan memastikan rendahnya padatan yang keluar dan penyaringan keluaran yang kecil, jika penyaringan dibutuhkan.

II. 5. 1. Fungsi dari final clarifier

Fungsi utama dari clarifier adalah klarifikasi, proses pemisahan hasil padatan biologis dari suatu cairannya. Selama bahan menggumpal, partikel lumpur akan turun kebagian bawah tangki, sehingga menghasilkan konsentrasi aliran kebawah (RAS). Konsentrasi padatan *return activated sludge* adalah fungsi dari ratio pengembalian lumpur. Fungsi kedua adalah menyimpan endapan beberapa waktu tertentu, jika clarifier gagal dalam berbagai fungsi tersebut, maka kerja dari proses biologis mungkin akan

terpengaruh. Juga karena batas angkut padatan, hasil keluaran (effluent) mungkin tidak memenuhi persyaratan.

Perlu diketahui bahwa penggumpalan dalam clarifier, terdapat beberapa masalah dalam kinerjanya. Sebagai tambahan, konsentrasi bagian bawah clarifier yang lebih dari 1,0 – 1,5 % padatan sulit dicapai. Untuk alasan berikut, bahan tambahan harus diberikan untuk pengoperasian clarifier dengan endapan lumpur yang sedikit dan menggunakan alat penggumpal (seperti : karet penggumpal gravitasi, sentrifugasi) untuk penggumpalan, agar mencapai konsentrasi padatan yang tinggi.

Tabel. II.2. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja klarifier (diambil dari Ekama et al., 2007)

Kategori	Faktor
hidrolis dan faktor pengangkutan	Aliran limbah cair (ADWF,PDWF,PWWF) *
Fitur fisik luar	Laju kelebihan lapisan
	Laju pengangkutan padatan
	Waktu penyimpanan hidrolis
	Rasio aliran pengembalian
fitur fisik dalam	Konfigurasi tank
	Permukaan bidang
	Kedalaman
	Aliran distribusi
Kondisi tempat	Struktur pergolakan
	Adanya zona penggumpalan
	Mekanisme pengumpulan lumpur
	Jenis pembatas, panjang dan posisi Pembatasan
Karakteristik lumpur	Pola arus hidrolis dan pergolakan
	Konveksi dan densitas
	Putaran dan gerakan ombakan
	Variasi suhu air
Kondisi tempat	Konsentrasi MLSS
	Umur lumpur
	Penggumpalan, pengendapan, dan karakteristik bahan
	Jenis proses biologis

* ADWF = average dry weather flow; PDWF = peak dry weather flow; and PWWF = peak wet weather flow

II. 5. 2. Konfigurasi clarifier

Bentuk clarifier sebenarnya menentukan pola aliran radial atau plug-flow. Aliran radial dapat terjadi dalam tangki bundar, segiempat, segi enam, dan segi delapan. Clarifier aliran pipa terjadi di bentuk segiempat. Sirkulasi dan segiempat adalah clarifier yang cukup dikenal. Perancangan yang baik dari clarifier segiempat dapat meningkatkan kinerja sama seperti perancangan alat sirkulasi.

Tabel II.3. Perbandingan clarifier segiempat dan bentuk bundar

	Segiempat	Bundar
Keuntungan	rendahnya biaya dalam perancangan	Waktu penahanan lebih pendek
	Alirannya lebih panjang	Aliran lebihpanjang dan kurang kesempatan untuk filtrasi dinamis
	distribusi lumpur lebih banyak	
	Rendahnya kerugian akibat distribusi	
Kerugian	Waktu penahanan lebih lama untuk lumpur	Umumnya peka terhadap efek angin
	Mungkin kurang efektif untuk pengangkutan lumpur yang besar	

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

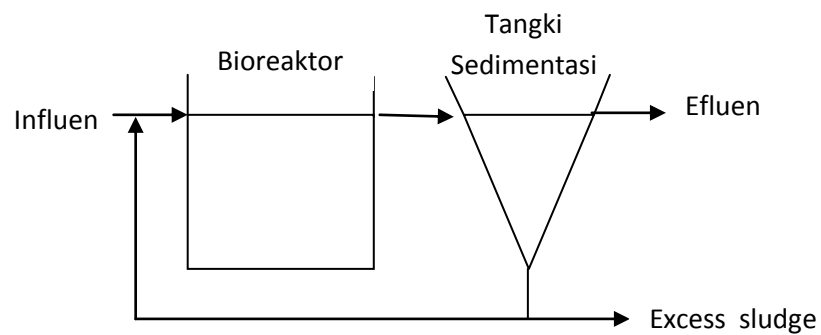
III. 1. Bahan yang digunakan

1. Amilum
2. Ammonia kue
3. Dolomite

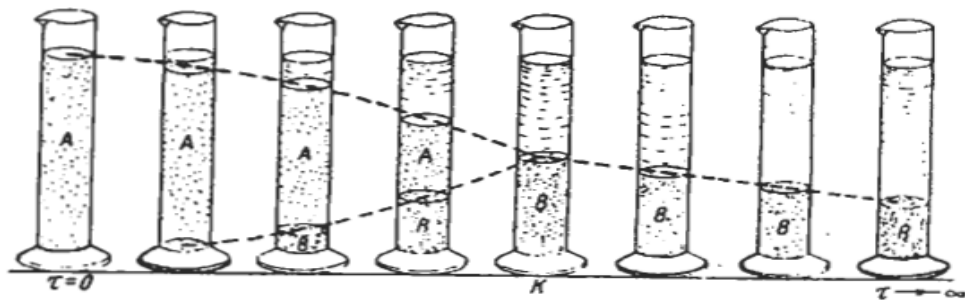
III. 2. Alat yang digunakan

1. Tanki aerasi
2. Tanki sedimentasi
3. Turbidimetry
4. Gelas ukur
5. Stopwatch

III. 3. Skema rangkaian alat percobaan



Gambar III.1 Skema rangkaian alat percobaan lumpur aktif



Gambar III. 2 Skema proses settling rate

III. 4. Langkah percobaan

a. Percobaan pendahuluan

Percobaan pendahuluan dilakukan untuk mengembangbiakan bakteri agar mencapai konsentrasi 500 mg/L dengan cara pemberian makanan dengan rasio F/M sebanyak 40 amilum dan amonia. Setelah mencapai konsentrasi yang diinginkan maka dilakukan operasi kontinyu.

b. Perhitungan Kecepatan pengendapan (*settling rate*)

- Mengambil sampel dari bak aerasi sebanyak 500 ml untuk dilakukan perhitungan settling
- Memasukan sampel dalam gelas ukur 500 ml
- Untuk setiap sampel, pengukuran konsentrasi dan tinggi interface (boundary antar padatan dan supernatant bening) ditulis sebagai fungsi waktu.
- Menghitung lama waktu bakteri mengendap, perhitungan dimulai saat endapan bakteri berada pada skala 500 ml dari gelas ukur dan mencatat lama waktu bakteri mengendap setiap endapan turun 50 ml pada skala yang terdapat pada dinding gelas ukur.
- Mencatat lama waktu pengendapan sampai bakteri tersebut mengendap seluruhnya atau tidak dapat mengendap lagi.

c. Menghitung tingkat kejernihan air (Turbiditri)

- Mengambil sampel lumpur aktif dari bak aerasi sebanyak 500 ml
- Memasukan sampel kedalam gelas ukur 500 ml
- Mengambil sampel setiap 5 menit dan masukan dalam curve
- Memasukan curve yang telah terisi sampel tersebut kedalam turbidimetri yang telah di kalibrasi terlebih dahulu
- Mencatat tingkat kekeruhan hingga waktu tertentu sampai konstan

Data-data yang akan didapatkan berupa tingkat kejernihan, waktu, konsentrasi bakteri. Data-data ini kemudian dibuat grafik antara waktu vs Tinggi interface bakteri, waktu vs turbidity. Setelah itu dilakukan analisa dan perbandingan dengan mengacu pada hasil penelitian dan referensi.

BAB IV

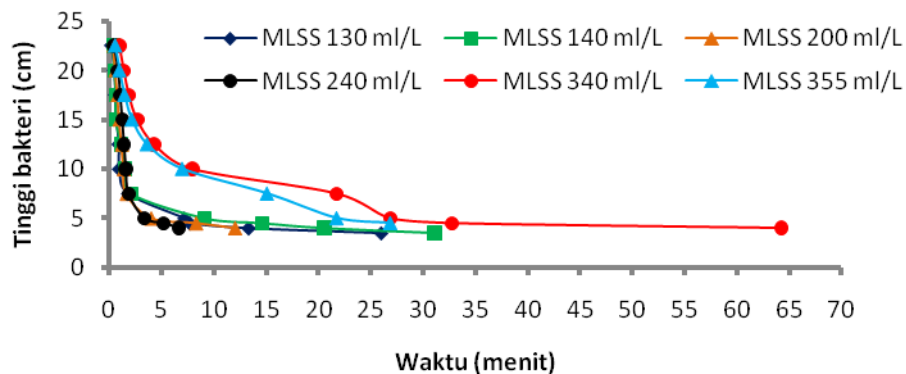
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik settling rate pada konsentrasi bakteri tertentu

Final klarifier atau klarifier sekunder merupakan salah satu hal yang terpenting dalam unit operasi lumpur aktif. Proses lumpur aktif terdiri dari dua unit proses yaitu bak aerasi dan bak klarifier. Grafik IV.1 ini menunjukkan grafik settling rate pada MLSS tertentu.

Tinggi bakteri (cm)	MLSS (ml/L)					
	130	140	200	240	340	355
22,5	0,22	0,38	0,37	0,48	0,97	0,6
20	0,48	0,5	0,57	0,85	1,4	1
17,5	0,58	0,67	0,77	1,05	1,87	1,48
15	0,67	0,63	0,93	1,23	2,67	2,18
12,5	0,92	1,17	1,16	1,4	4,28	3,63
10	0,95	1,5	1,35	1,58	7,92	7
7,5	1,81	2,05	1,62	1,83	21,75	15,1
5	7,2	9,1	3,97	3,32	26,88	21,75
4,5	7,72	14,63	8,28	5,15	32,75	26,89
4	13,3	20,58	12,03	6,65	64,25	
3,5	26	31,1				

Tabel IV.1 Tabel hasil pengamatan kecepatan pengendapan



Grafik IV Grafik hubungan waktu dan tinggi bakteri pada berbagai MLSS.

Konsentrasi bakteri pada proses klarifikasi dapat mempengaruhi kecepatan pengendapan. Semakin tinggi konsentrasi seringkali menyebabkan penurunan kecepatan pengendapan.

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi MLSS maka kecepatan settling akan semakin menurun. MLSS ini berpengaruh

langsung terhadap Sludge Loading rate (SLR) pada klarifier. Dari grafik hasil pengamatan, kemampuan bakteri untuk mengendap berhenti pada ketinggian 3,5 cm dan maksimal pengendapan pada 4,5 cm untuk MLSS 355 ml/L.

Kecepatan pengendapan pada MLSS 130 ml/L dan MLSS 355 ml/L mempunyai perbedaan karakteristik pengendapan. Dimana pada MLSS 130 ml/L waktu yang diperlukan untuk mengendap lebih sedikit.

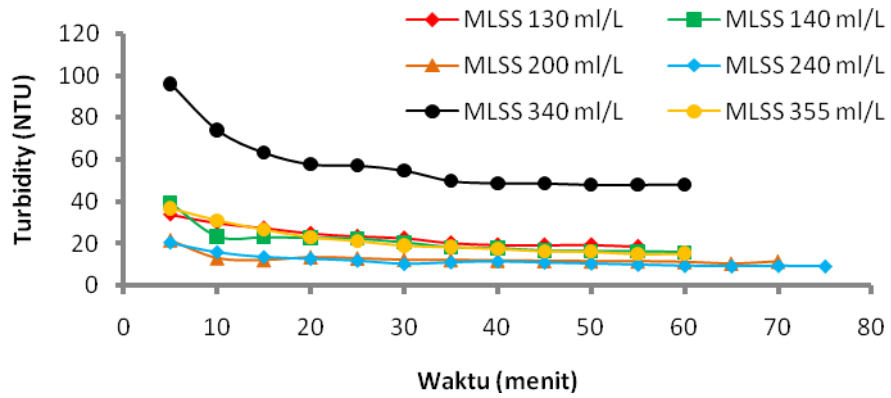
Hal ini juga dialami oleh Witzig et al,2002 yang menyatakan bahwa konsentrasi biomassa yang tinggi dapat menyebabkan pemisahan biomassa dari effluent semakin sulit dilakukan karena konsentrasi bakteri tinggi sehingga kecepatan bakteri untuk mengendap menjadi rendah.

4.2 Karakteristik Turbiditi pada berbagai MLSS

Proses nitrifikasi merupakan suatu proses dalam lumpur aktif yang mengoksidasi ion ammonium menjadi ion nitrit, serta ion nitrit menjadi ion nitrat (*Michael H. Gerardi, 2002*), terkadang nitrifikasi dapat menimbulkan masalah dalam sistem lumpur aktif. Masalah tersebut antara lain pertumbuhan terdispersi dan filamentous bulking setiap kali proses nitrifikasi mengalami kenaikan temperatur yang juga disebut *pinpoint flocs*. *Pinpoint flocs* ini menyebabkan bakteri sukar mengendap karena ukuran bakteri yang sangat kecil sehingga hanya mengambang saja didalam air. Hal ini mengakibatkan effluent atau air yang dihasilkan menjadi keruh

Waktu (menit)	MLSS (ml/L)					
	130	140	200	240	340	355
5	33,7	39,5	21,5	20,5	96,2	36,8
10	29,7	23,4	13,1	15,89	74,1	31,1
15	27,4	23	12,23	13,56	63,3	26,7
20	24,9	22,7	13,6	12,65	57,8	23,1
25	23,5	22,3	13,03	11,76	57,2	21,3
30	22,7	20,3	12,32	10,17	54,8	19,1
35	20,4	18,2	12,31	10,95	49,8	18,4
40	19,5	17,7	11,98	11,38	48,8	17,6
45	19,4	16,5	11,84	10,82	48,7	16,4
50	19,5	16,3	11,7	10,36	48	16,2
55	18,7	16,2	11,6	9,8	48	15,1
60		15,8	11,36	9,22	48,2	15,3
65			10,52	9,01		
70			11,56	9,21		
75				9,02		

Tabel IV.2 Tabel pengamatan tingkat kekeruhan



Grafik V.2 Grafik karakteristik turbiditi pada berbagai MLSS

Grafik diatas merupakan hasil percobaan diperoleh kondisi effluent atau air yang bagus adalah pada MLSS 200 ml/L sedangkan effluent keruh dihasilkan pada saat MLSS 340 ml/L karakteristik *effluent* atau air yang dihasilkan keruh. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi *pinpoint flocs* sehingga hasil turbidity semakin besar. Hal ini berarti effluent atau air yang dihasilkan keruh.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Pada proses lumpur aktif, naik atau turunnya kontrol proses menyebabkan berbagai masalah mikrobiologi antara lain pinpoint flocs, bakteri terdispersi yang mempengaruhi tingkat kejernihan effluent. Tingkat kejernihan effluent menurun dengan naiknya MLSS yang diindikasikan terbentuknya pinpoint flocs. Kinerja proses lumpur aktif dipengaruhi oleh konsentrasi bakteri. Kecepatan pengendapan bakteri menurun seiring dengan naiknya MLSS pada MLSS 355 ml/L.

V.2 Saran.

Penelitian ini menjadi penelitian dasar dari penelitian lanjutan dimasa depan. Terdapat banyak hal yang dapat dikembangkan dari penelitian tentang pengolahan limbah dengan kombinasi klarifier secara kontinyu dengan variasi MLSS.

Daftar Pustaka

- [1] Antileo, Christian and friends, *Nitrifying Biomass Acclimation to High Ammonia Concentration*, J. Environmental Eng, 2002, pp. 367-375.
- [2] A. Rushton, A.S. Ward, R.G. Holdich, *Solid – Liquid Filtration and Separation Technology*. 1st ed., VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany, 1996, pp.85.
- [3] Departemen Perindustrian, *Pengolahan Limbah Industri Pangan*, Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian, Jakarta, Indonesia, 2007.
- [4] Kusumaatmadja, Sarwono, *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri*, Jakarta, Indonesia, 1998
- [5] Michael H. Gerardi, *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*, John Wiley & Sons, inc., 2002
- [6] Musterman, Jack L and Eckenfelder, W. Wesley, *Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater*, Technomic Publishing AG, Switzerland, 1995, pp. 43.
- [7] Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D, *Biotechnology for Waste and Wastewater Treatment*. Noyes Publications, Westwood, New Jersey, U.S.A, 1996, pp. 7.
- [8] Ginting, perdana, Ir. MS, *System Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Edisi 1 CV. Yrama Widya, Bandung, Indonesia, 2007, Hal. 122.
- [9] Sakti A. Siregar, *Instalasi Pengolahan Limbah*. Penerbit Kanisius, Jogjakarta, Indonesia, 2005, Hal. 35.

- [10] Thomas E. Wilson, P.E., DEE, Ph.D., *Clarifier Design*, 2nd edition, Mc. Graw – Hill, New York, 2005, Chapter 2 & 4.
- [11] Sears, K., J. E. Alleman., J. L. Barnand., J. A. Oleszkiewicz., 2006, *density and Activity Characterization of Activated Sludge Flocs*.
- [12] Richard, Michael, Ph.D., Sear-Brown., Fort Collins,Co., 2003, *Activated Sludge Microbiology Problem and Their Control*.
- [13] Direktorat Jenderal Usaha Kecil Menengah., 2007, *Pengelolaan Limbah Industri Pangan*, Departemen Perindustrian, Jakarta
- [15] Krebs, Peter., Daniel Visher., Willi Gujer., 1995, *Inlet – Structure Design for Final Clarifiers*
- [16] E, Orris., Albertson., John P. Wilson., 1997, *Clarifier Concept – Larger is Better*
- [17] Li, Yingxia., Sim-Lin., Masoud Kayhanian, M.ASCE., Michael K. Stenstrom, F.ASCE., 2006, *Dynamic Characteristics of Particle Size Distribution in Highway Runoff: Implication for Settling Tank Design*
- [18] Budiyono, 1997, *Kombinasi Proses Lumpur Aktif – Membran Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri*, Institut Teknologi Bandung.
- [19] Svarovsky, Ladislav, Dipl Ing, PhD, Ceng, FIChem E., 2000, *Solid – Liquid Separation.*, 4th ed., London, Butterworth-Heinemann Publisher.
- [20] T. Valsaraj, Kalliat., 2000, *Element of Enviromental Engineering Thermodynamic and Kinetics.*, 2nd ed, Lousiana, Lewis Publisher, 563-586

- [21] A. Handayani, Noer., 2010, *Aplikasi Eksternal Hybrid Mixed Matrix Membrane Bioreaktor Untuk Pengurangan Amonium dalam Limbah Cair*, Universitas Diponegoro
- [22] M. Stanley, Walas., 1990., *Chemical Process Equipment Selection and Design.*, Kansas
- [23] Inamori, Ryuhei., Ping Gui., Yasothosi Shimizu., Kaiqin Xu., Kenji Kimura., Yuhei Inamori., 2005, *Effect of constructed Wetland Structure on Wastewater Treatment and its Evaluation by Algal Growth Potensiat Test*, Vol 40
- [24] Wang, Z., Wu, Z., Yin, X., Tan, L., 2008, *Membran fouling in Submerged Membran Bioreactor (MBR) Under Sub-critical Flux Operation : Membran Foulant and Gel: Layer Characterization.*, Vol 325, 238-244
- [25] Hay, F.I., Yamamoto, K., Fukhusi, K., 2005, *Different Fouling of Sunmerged Hollow Fiber and Flat Sheet Membran Induced by High Strength Wastewater with Cocurrent Biofouling.*, Desalination, Vol 180, 89 – 97
- [26] Cheng, Jiayang., Bin Liu., 2001, *Nitrification / Denitrification in Intermittent Aeration Proses for Swine Wastewater Treatment.*
- [27] Mokhayeri., Yalda., Rumana Riffat., Imre Takacs., Peter Dold., Charles Bott., Jeneva Hinojosa., Walter Bailey., Sudhir Murthy., 2008, *Characterizing Denitrification Kinetics at Cold Temperature Using Various Carbon Sources in Lab-Scale Sequencing Batch Reactors*, Water Science and Tecnology-WST
- [28] Parker, Demy., Richard Butler., Richard Finger., Reed Fisher., William Fox., Wendell Kido., Steve Merrill., Gary Newman., Rod Pope., Jeff Slapper., and Eric Wahlberg., 1995, *Design and*

Operation Experience with Flocculator – Clarifier in Large Plants,
Austria

- [29] Zeng, Xiangying., Zheng Lin., Hongyan Gui., Wenlan Shao., Guoying Sheng., Jiamo Fu., Zhiqiang Yu., 2008, *Occurrence and Distribution of Polycyclic Aromatic Carbons in Sludges From Wastewater Treatment Plants in Guangdong, China*, Springer Science + Business Media B.V
- [30] Albertson Orris E., 2008, *Solids Loading Limitations of Rectangular Secondary Clarifiers*, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
- [31] P, Nicholas Cheremisinoff, Ph. D., 2002, *Handbook Water and Wastewater Treatment Technologies*, Butterworth Heineman
- [32] Jenayayagam, Sam Ph.D., PE., DEE., *design and Operation of Clarifier*