

# PENENTUAN HRT (*Hydrolic Resident Time*) OPTIMUM PADA PENYISIHAN PHOSPHOR DENGAN KOMBINASI PROSES KONTAK STABILISASI DAN PROSES DENITRIFIKASI

M. Arief Karim  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UMP  
Jl. A.Yani 13 Ulu Plaju Palembang

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dalam sebuah instalasi pilot skala laboratorium, dengan maksud untuk menentukan waktu tinggal cairan (HRT) optimum dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi yang dapat menghasilkan efisiensi penurunan phosphor maksimum. Pembebasan instalasi dilakukan secara terus menerus (kontinu) dengan debit pengolahan sebesar 1,3 l/jam atau 31,2 l/hari. Sludge Resident Time (SRT) ditetapkan 10 hari dan rasio resirkulasi Lumpur ( $R_s$ ) sebesar 50%, serta rasio resirkulasi effluent ( $R_e$ ) sebesar 100%. HRT dalam tangki denitrifikasi ( $t_d$ ) ditetapkan 3 jam. Pengolahan berlangsung pada suhu kamar.

Parameter proses yang divariasikan adalah HRT pada tangki kontak yaitu 1;1,5;2;2,5 jam. HRT pada tangki stabilisasi yaitu 5;6;7 jam. Air buangan yang diolah merupakan air buangan buatan dengan beban BOD sekitar 500 mg/l.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa HRT yang optimum untuk menghasilkan penyisihan phosphor yang maksimum dalam tangki kontak sebesar 2,5 jam dan pada tangki stabilisasi sebesar 6 jam dengan efisiensi penyisihan phosphor sebesar 74,43%.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk dapat hidup sehat dan layak. Sejalan dengan meningkatnya populasi penduduk dan taraf hidup manusia, kebutuhan akan air juga meningkat pada permasalahan air buangan. Adanya air buangan dapat menimbulkan masalah pencemaran air.

Nutrien sebagai senyawa N, P, S, C dan O digunakan untuk perkembangan mikroalgae maupun tanaman air lainnya. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan jumlah nutrient tersebut, terutama phosphor, dalam air buangan antara lain : penggunaan detergent sintesis pada pencucian, meningkatnya penggunaan pupuk untuk usaha pertanian, penggunaan air pendinginan pada industri besar, industri pupuk dan sebagainya. Keadaan nutrisi yang berlebihan ini dapat menyebabkan masalah *eutrofikasi*, dimana terjadi pertumbuhan

organisme fotosintesis terutama algae (*algae blooming*).

Banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan algae dalam badan air, seperti cahaya, temperatur, CO<sub>2</sub>, fauna dan nutrient-nutrien. Akan tetapi hanya faktor-faktor tertentu yang dapat dikontrol manusia sebagai metode penurunan produktivitas algae yang praktis dan ekonomis. Faktor-faktor tersebut pada hakekatnya adalah kimia makro air, derajat toksikan, konsentrasi dan jenis organisme serta nutrisi-nutrisi itu sendiri N, P, Fe, Mn, Mo dan elemen-elemen lain (Porcella, 1969).

Walaupun berbagai variasi nutrisi telah dibuat untuk membatasi pertumbuhan algae, ada kemungkinan hanya makro nutrisi N dan P yang dapat mengontrol perkembangan aquatik blooms tersebut (Goldman, 1965).

Pengolahan air buangan konvensional untuk menurunkan senyawa P dan air buangan melibatkan proses fisik, kimia maupun biologi, antara lain dengan mengendapkannya sebagai

Aluminium Phosphat atau Ferri Phosphat. Metode pengolahan secara biologi pengolahan sederhana dan hanya memerlukan biaya pengolahan setengah biaya pengolahan secara kimia (Deakyne, 1984).

Proses pengolahan secara biologi ini merupakan proses yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa lain. Proses ini dilakukan dengan adanya pendapat yang menyatakan bahwa mikroorganisme mampu secara biologi untuk menghilangkan phosphor dan menyimpannya dalam sel melebihi kebutuhan phosphor bagi pertumbuhan sebenarnya. (Morgan & Pruh, 1974).

## 1.2. Maksud dan Tujuan

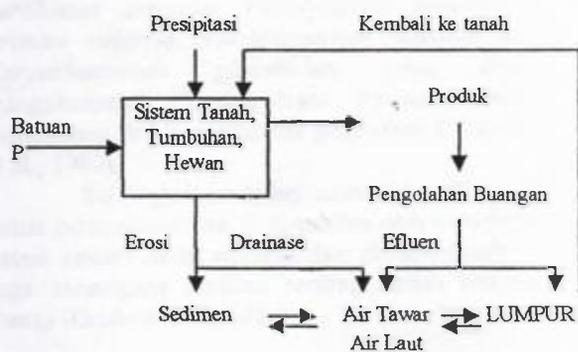
Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh waktu tinggal cairan (HRT) optimal dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi pada penyisihan phosphor dalam suatu pengolahan air buangan secara biologi dengan kombinasi proses kontak stabilisasi dan proses denitrifikasi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.2. Siklus Phosphor dari Alam

Phosphor (P) merupakan senyawa non logam yang dibutuhkan oleh semua bentuk kehidupan. Menurut Sawyer & McCarty (1978), P merupakan komponen dari organisme hidup yang dilepaskan pada penguraian protein atau dari penguraian hasil metabolisme organisme.

Siklus P d alam secara umum dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Siklus P secara Global  
(Sumber: White, 1980)

Dalam air buangan P terdapat dalam tiga bentuk yaitu sebagai Orthophosphat (OP), Polyphosphat (PP) dan Organik Phosphat (OrP). Akan tetapi bentuk persenyawaan P yang perlu diperhatikan hanyalah OP dan PP, karena OrP hadir di air dalam jumlah yang sangat sedikit sehingga dapat diabaikan (Sawyer & McCarty, 1978).

Kehadiran senyawa P dalam air terutama berasal dari air buangan industri yang memproses bahan biologi, seperti industri makanan. Sumber lainnya adalah industri yang memproses Phosphat dan asam Phosphat dalam prosesnya antara lain industri pupuk (Winkler, 1981).

Menurut Sawyer & McCarty (1978), bentuk asal P dalam air adalah OP yang berasal dari hidrolisa PP. Phosphat terdapat dalam sel-sel dalam bentuk PP, digunakan dalam asam-asam nukleik, nukleotida dan phospholipids. Silus P yang berasal dari sedimen-sedimen degradasi P organik dan hidrolisa PP menjadi OP dapat bertindak sebagai P untuk pembentukan algae (Eckenfelder, 1980).

Kehadiran senyawa N dan P yang berlebihan dalam air buangan bisa menimbulkan masalah *eutrofikasi* yaitu proses pengayaan badan-badan air dengan nutrisi-nutrisi tumbuhan yang menyebabkan lonjakan pertumbuhan organisme fotosintesis, terutama algae. Eutrofikasi ditandai dengan terjadinya perubahan kandungan nutrient badan air, dimana badan air yang pada mulanya oligotrofik (sedikit nutrient) menjadi eutrofik (kaya akan nutrient).

Akibat-akibat yang dapat ditimbulkan oleh keadaan eutrofikasi adalah sebagai berikut :

- a. Penurunan DO pada badan air  
Pada siang hari algae melakukan fotosintesa menghasilkan oksigen, dengan demikian DO dalam badan air akan naik. Sebaliknya pada malam hari algae menguraikan senyawa organik menggunakan oksigen, akibatnya DO pada malam hari turun. Penyebab lain penurunan DO air adalah terjadinya dekomposisi algae yang mati oleh bakteri, dimana komposisi selnya akan menjadi nutrient organik yang memerlukan oksigen bagi penguraiannya. Akibatnya badan air menjadi septik dan menimbulkan bau tidak enak serta timbul gas-gas (Ripley, 1978).
- b. Mengganggu Kehidupan Aquatik  
Berkurangnya keanekaragaman dan stabilitasi komunitas karena algae biru-hijau menjadi lebih kompetitif dan dominan dalam perairan. Algae biru-hijau mengeluarkan toksin yang dapat mencemari tumbuhan dan kematian burung,

ikan dan binatang lain. Jenis algae ini adalah *Microcystis* dan *Anabaena* (1977).

- c. Mengganggu Proses Pengolahan Air Minum  
Pertumbuhan algae biru-hijau yang pesat menyebabkan masalah bau dan rasa, serta menimbulkan masalah filtrasi dalam air minum, dimana algae menyumbat filter pada pengolahan air serta menghimpit aliran air sungai (Bishop, 1975).

## 2.2. Konsep Dasar Penyisihan P secara Biologi

### 2.2.1. Peranan Mikroorganisme dalam Penyisihan P

Mikroorganisme dapat diklasifikasikan sebagai mikroorganisme aerobik, fakultatif dan anaerobik. Organisme aerobik membutuhkan oksigen untuk proses metabolismenya. Organisme anaerob hanya berfungsi pada keadaan tanpa oksigen dan memperoleh energi dari senyawa organik. Organisme fakultatif dapat berfungsi dalam keadaan hadir atau tanpa oksigen.

Kebanyakan system biologi mengolah air buangan organik tergantung pada mikroorganisme heterotrof yang menggunakan C organik sebagai sumber energi untuk sintesa sel. Organisme autotrof menggunakan sumber C anorganik seperti karbondioksida dan bikarbonat. Kemosintetis autotrof mendapatkan energi dari oksidasi senyawa anorganik seperti N dan S. Fotosintesis autotrof menggunakan energi matahari untuk sintesa karbondioksida membentuk sel-sel protoplasma dan menghasilkan molekul-molekul oksigen.

Mikroorganisme yang banyak berperan dalam penyisihan P pada pengolahan air buangan adalah *Acinetobacter* adalah *Bacillus megaterium*, *Aerobacter aerognes*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Flavobacterium aquatile* dan *Corynebacterium glutamicum* yang dapat mengakumulasi PP dan dapat digunakan dalam pengolahan air buangan untuk penyisihan P (Shoder et.al., 1980).

Sel organisme hidup memerlukan N dan P untuk pertumbuhannya. P digunakan oleh organisme untuk sintesa asam nukleat dan phospholipids. P juga memegang peranan penting dalam transfer energi (Grady & Lim, 1980).

### 2.2.2. Metabolisme Mikroorganisme

Mikroorganisme dalam lingkungannya membutuhkan nutrisi. Nutrisi yang dibutuhkan ini dapat dikategorikan atas :

- Senyawa yang terdiri dari unsur C dan N untuk membentuk materi sel.
- Senyawa yang dibutuhkan sebagai sumber energi.
- Ion organik
- Faktor-faktor pertumbuhan, seperti : vitamin, dll.

Unsur P dan S dibutuhkan oleh mikroorganisme autotrof dan heterotrof dalam bentuk P dan S anorganik.

Setiap organisme hidup melakukan proses metabolisme yang merupakan proses kimia dan fisis yang berlangsung dalam sel hidup. Metabolisme ini terdiri dari proses asimilasi nutrient menjadi protoplasma yang membutuhkan energi (anabolisme) dan proses penggunaan protoplasma menjadi substansi sederhana dengan melepaskan energi (katabolisme). Sintesa protoplasma (proses anabolisme) membutuhkan masukan energi.

**External Substrat + Energi → Materi Sel (1)**  
Mikroorganisme autotrof memperoleh energi dari sintesis senyawa anorganik atau dari cahaya proses fotosintesis, sedangkan mikroorganisme heterotrof mendapatkan energi dari sumber organik saja.

Organisme memperoleh energi dari senyawa organik dalam proses yang disebut respirasi. Prosesnya secara singkat dapat dituliskan :  
**Energi Substrat → Produk Metabolisme + Energi (2)**

Respirasi dalam proses oksidasi membutuhkan akseptor hydrogen. Molekul oksigen melayani sebuah akseptor hydrogen untuk organisme aerob. Produk metabolisme hasil respirasi adalah senyawa-senyawa inorganik dari C, N dan S yang dikembalikan kedalam larutan.

Energi dibutuhkan juga untuk memelihara kelangsungan proses transport, penggantian bagian-bagian sel dan untuk kelangsungan proses kimia dan fisis yang mendukung kehidupan mikroorganisme. Energi yang digunakan untuk memelihara kelangsungan proses ini dapat diperoleh dari proses respirasi yang diterangkan oleh reaksi (2). Akan tetapi bila tidak terdapat substrat external yang sesuai, energi dapat diperoleh melalui degradasi katabolisme dari materi sel internal sendiri. Proses ini disebut respirasi endogen, yang dapat dinyatakan dengan :

**Materi sel → Hasil Metabolisme + Energi (3)**  
Hasil metabolisme dan mekanisme transfer energi dalam respirasi endogen adalah sama dengan proses respirasi yang diterangkan oleh reaksi (2). Namun tidak semua energi yang dilepaskan dalam proses

respirasi dapat digunakan untuk proses sintesa dan/atau untuk memelihara sel. Sebagian energi dilepaskan sebagai panas.

### 2.3. Proses Denitrifikasi

Dalam reaktor denitrifikasi, proses biologi berlangsung dalam keadaan anaerobik. Organisme yang biasa ditemukan dalam tangki denitrifikasi adalah heterotrofik dan membutuhkan sumber C organik untuk pertumbuhan (Eckenfelder, 1980). Jenis bakteri fakultatif heterotrofik yang dapat menyebabkan proses denitrifikasi dalam Lumpur Aktif adalah *Pseudomonas*, *Achromabacter*, *Bacilus* dan *Micrococcus*.

Grady dan Lim (1980) menyatakan bahwa penguraian zat organik secara anaerobik terjadi dalam beberapa tahap, seperti yang terlihat pada gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2. Tahapan Proses Anaerobik (Sumber : Grady & Lim, 1980)

Suatu ciri dari proses biokimia anaerobik adalah pembentukan gas metan. Gas ini dapat dikeluarkan dari system karena kelarutannya dalam air sangat rendah. Jumlah materi organik yang dapat diubah menjadi gas berkisar antara 80 - 90% (Eckenfelder, 1980)

### 2.4. Proses Kontak Stabilisasi

Proses kontak stabilisasi merupakan salah satu pengolahan biologi yang merupakan modifikasi lumpur aktif, yaitu dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air buangan.

Proses kontak stabilisasi memanfaatkan adsorpsi senyawa organik dan partikel terlarut secara cepat kemudian terjadi oksidasi materi organik oleh biomassa secara lambat (Sundstrom & Klei, 1979). Dalam proses ini adsorpsi dan oksidasi terjadi dalam tangki yang berbeda yaitu tangki kontak dan tangki stabilisasi. Letak kedua tangki ini dipisahkan oleh sebuah bak pengendap lumpur.

Dalam proses pengolahan ini senyawa organik bertindak sebagai donor elektron yang memerlukan akseptor elektron dalam jumlah yang besar. Agar konversi senyawa organik menjadi bahan sel dan karbondioksida berlangsung sempurna. Oksigen bertindak sebagai akseptor elektron sehingga selama proses berlangsung diperlukan pemberian oksigen dalam jumlah yang cukup.

Dengan demikian proses yang terjadi dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi merupakan proses aerobik.

### 2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Penyisihan P.

#### 2.5.1. Waktu Tinggal Cairan (HRT)

Sudstrom dan Klei (1979) menyatakan bahwa proses adsorpsi bahan organik dalam tangki kontak terjadi dalam waktu kira-kira 1 jam, kemudian tahap oksidasi membutuhkan waktu 3 - 6 jam dalam tangki stabilisasi.

Pendapat lain menyatakan bahwa waktu tinggal cairan dalam tangki kontak berkisar antara 0,5 - 2 jam dan waktu tinggal cairan dalam tangki stabilisasi besarnya 3 - 6 jam (Grady dan Lim, 1980).

Jika waktu tinggal cairan dalam tangki kontak terlalu besar, penghilangan zat organik dalam air buangan akan meningkat, namun peningkatan waktu tinggal cairan yang terlalu besar dalam tangki kontak akan meniadakan proses stabilisasi lumpur. Dalam hal ini proses yang terjadi menjadi proses lumpur aktif.

Demikian juga waktu tinggal cairan dalam tangki stabilisasi kurang, organisme yang tidak teroksidasi akan terbawa kembali kedalam tangki kontak sehingga efisiensi pengolahan akan menurun.

### 2.5.2. Umur Lumpur

Umur lumpur didefinisikan sebagai lamanya lumpur berada dalam reaktor. Sudstrom dan Klei (1979) menyatakan bahwa pada lumpur konvensional umur lumpur yang biasa dipakai adalah 3 – 14 hari agar dapat menghasilkan flok biologis yang dapat ditangani dengan mudah, sehingga menyebabkan buking sludge. Jika umur lumpur lebih besar dari 14 hari, partikel-partikel flok terlalu kecil sehingga tidak dapat mengendap dengan cepat, serta fraksi-fraksi dari sel-sel hidup dalam biomassa rendah.

Semakin besar harga umur lumpur, konsentrasi biomassa dalam sistem bertambah besar sehingga kecepatan kerusakan sel bertambah besar. Kematian biomassa akan melepaskan BOD dan P kedalam larutan sehingga efisiensi penyisihan P akan menurun.

### 2.5.3. Temperatur

Bakteri dapat diklasifikasikan berdasarkan batasan temperatur dimana mikroorganisme hidup, yaitu:

- Psychrophitic : pada temperatur 0 – 20°C
- Mesophilic : pada temperatur 20 – 45°C
- Thermophilic : pada temperatur lebih besar dari 45°C

Pada temperatur rendah kira-kira 10°C akan terjadi gangguan pada metabolisme mikroorganisme sehingga banyak terdapat kematian pada mikroorganisme tersebut.

Pada temperatur diatas 35°C, oksigen terlarut lebih sedikit sehingga hanya sedikit flok yang aerobik dan mengakibatkan produksi pembentukan sel baru akan terlambat, juga kemampuan dari model pengolahan lumpur aktif menurun.

### 2.5.4. pH

Pada umumnya sistem pengolahan air buangan mempunyai pH optimum sekitar 6,5 – 8,5. Efisiensi proses akan turun dibawah dan diatas pH ini (Eckenfelder, 1980).

### 2.5.5. Resirkulasi Lumpur

Resirkulasi digunakan untuk memindahkan lumpur yang ada dalam tangki pengendap ke tangki stabilisasi sehingga dapat direaerasi dalam tangki tersebut. Besarnya resirkulasi menurut Randall dan Benefield (1980) berkisar antara 25 – 100%.

Banyaknya lumpur yang dipindahkan kedalam tangki stabilisasi mempengaruhi besarnya kehilangan P dari air buangan.

### 2.5.6. Aerasi

Dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi organisme yang berperan adalah organisme aerobik yang menggunakan molekul oksigen sebagai elektron akseptor untuk menyempurnakan reaksi, sehingga sejumlah energi dilepaskan untuk pertumbuhan. Oksigen yang dibutuhkan untuk sintesa sel lebih kecil dibandingkan untuk kebutuhan oksidasi.

### 2.5.7. Fraksi Biomassa

Fraksi biomassa merupakan perbandingan jumlah MLSS yang ada dalam tangki stabilisasi dengan yang berada dalam tangki kontak.

Pengaruh fraksi biomassa yang ditimbulkan terhadap proses pengolahan adalah jika fraksi biomassa terlalu besar maka dalam tangki kontak akan kekurangan lumpur, sehingga proses adsorpsi tidak dapat berjalan dengan sempurna. Hal ini akan mengakibatkan efluen yang keluar masih mengandung zat organik yang cukup tinggi, sehingga efisiensi pengolahan akan menjadi rendah. Sebaliknya jika fraksi biomassa terlalu kecil maka proses yang terjadi didalam tangki stabilisasi tidak akan sempurna.

### 2.5.8. Rasio C:N:P

Organisme aerobik membutuhkan sejumlah N dan P untuk melakukan aktivitas optimum. Jumlah N dan P yang dibutuhkan berhubungan dengan komposisi biomassa. Kandungan biomassa aktif mengandung sekitar 12,3% N dan 2,6% P (Eckenfelder, 1980).

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Model Instalasi Pilot yang Digunakan

Penelitian proses penyisihan P secara biologi yang dilakukan menggunakan model instalasi skala laboratorium yang merupakan modifikasi lumpur aktif. Instalasi ini terdiri atas tiga buah reaktor tercampur sempurna dengan susunan sebagai berikut : reaktor denitrifikasi – reaktor kontak – reaktor stabilisasi. Efluen yang keluar dari clarifier merupakan efluen akhir. Sedangkan lumpur yang diendapkan sebagian diresirkulasikan menuju tangki stabilisasi, dapat dilihat pada gambar 3.1.

### 3.2. Pembenuhan (Seeding)

Pembenuhan dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme pengolahan air buangan yang dapat mengoksidasi bahan organik. Sumber mikroorganisme yang diperlukan diambil dari tangki septik.

Pembenuhan dilakukan langsung pada masing-masing reaktor, untuk itu diperlukan :

- Model laboratorium instalasi modifikasi lumpur aktif.
- Substrat, yaitu air yang telah dibubuhi zat organik dan nutrient dengan perbandingan BOD : N : P adalah 30 : 3 : 1. Selain itu juga ditambahkan nutrient yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Untuk mendapatkan pH yang diinginkan dalam air buangan sintesis ditambahkan kapur  $\text{Ca(OH)}_2$ .
- Bibit mikroorganisme

### 3.3. Pembebanan (Feeding)

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan air buangan sintesis dengan komposisi seperti yang telah diterangkan diatas. Beban BOD yang diberikan adalah tetap, yaitu sebesar 500 mg/l yang merupakan konversi dari karbon organik yang diberikan. Sumber karbon organik pada penelitian ini diperoleh dari gula pasir ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).

Selain C organik, phosphor dan nitrogen, kedalam air buangan sintesis diberikan mineral-mineral tambahan yang dapat menunjang pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme seperti :  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{C}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ .

### 3.4. Kondisi Operasional

Untuk menjaga kondisi operasional yang tetap dilakukan pengaturan dan pemeliharaan penelitian terhadap waktu tinggal cairan (HRT), untuk tangki kontak dan tangki stabilisasi, sebagai berikut:

- Tangki kontak: 1 – 1,5 – 2 – 2,5 dan 3 jam
- Tangki stabilisasi : 5 – 6 – 7 dan 8 jam

Sedangkan HRT ditangki denitrifikasi 3 jam dengan volume tangki denitrifikasi 3900 ml. Selain itu kondisi operasional yang lainnya adalah oksigen terlarut dijaga sekitar 4,5 mg/l, pH berkisar antara 6 – 8, suhu kamar, rasio resirkulasi lumpur ditetapkan 50%, dan umur lumpu 10 hari.

### 3.5. Parameter yang Dianalisa

Parameter yang dianalisa dalam penelitian ini meliputi :

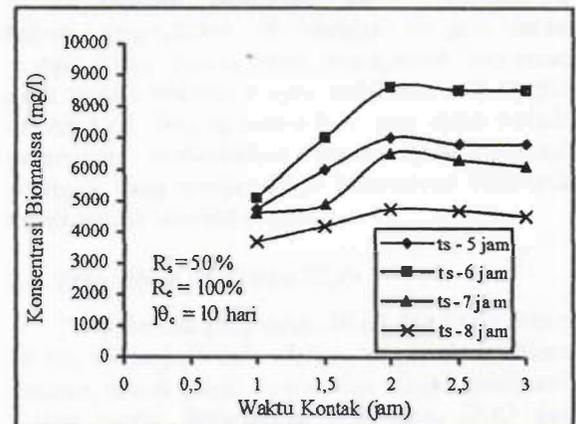
- Orthophosphat dan total phosphat
- Angka permanganate dan Chemical Oxygen Demand
- Biochemical Oxygen Demand
- Mixed Liquor Volatile Suspended Solid

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

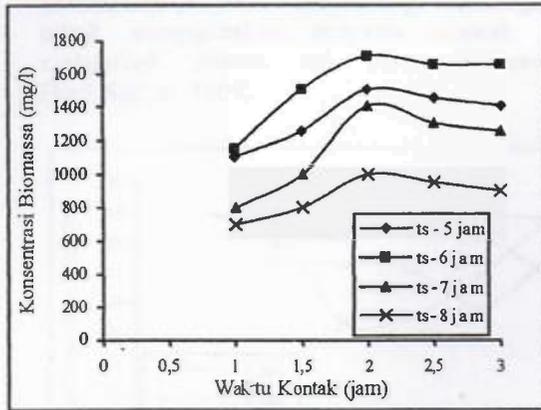
Analisa data hasil penelitian dilakukan dengan metode statistik, dimana data diolah dengan metoda rata-rata hitung dan persamaan regresi yang sesuai. Hasil perhitungan yang menggunakan persamaan tersebut disajikan dalam bentuk tabel.

### 4.1. Konsentrasi Biomassa pada Setiap Kondisi Operasi

Konsentrasi biomassa dinyatakan sebagai mg/l. Analisa terhadap VSS bertujuan untuk mengetahui peranan dan pertumbuhan mikroorganisme dalam proses penurunan konsentrasi P. Jumlah mikroorganisme yang diperoleh dari hasil penelitian pada setiap kondisi operasional dapat dilihat pada gambar 4.1. dan 4.2.



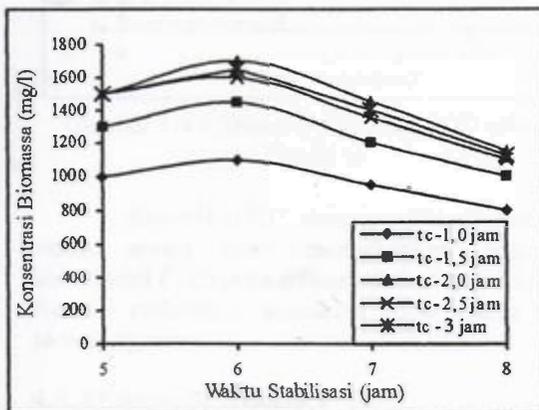
Gambar 4.1. Konsentrasi Biomassa pada tangki stabilisasi sebagai fungsi waktu kontak



Gambar 4.2. Konsentrasi Biomassa pada Tangki Denitrifikasi sebagai Fungsi Waktu Kontak

Dilihat dari gambar diatas, maka perkembangan biomassa pada tangki stabilisasi dan denitrifikasi akan mengikuti pola yang sama seperti pada tangki kontak. Hal ini disebabkan konsentrasi biomassa pada tangki kontak mempengaruhi konsentrasi biomassa pada tangki stabilisasi.

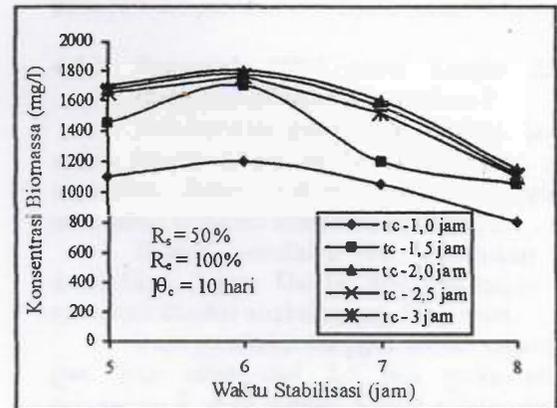
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peningkatan HRT pada tangki kontak sampai 2 jam akan meningkatkan konsentrasi biomassa pada tangki kontak, tangki stabilisasi dan tangki denitrifikasi. Bila  $t_c$  melebihi 2 jam, konsentrasi biomassa pada ketiga tangki tersebut akan mulai mengalami penurunan.



Gambar 4.3. Konsentrasi Biomassa pada Tangki Denitrifikasi sebagai Fungsi Waktu Stabilisasi

Pada Gambar 4.3. dapat dilihat bahwa pada dasarnya untuk harga resirkulasi lumpur ( $R_s$ ) dan resirkulasi efluen ( $R_e$ ) yang konstan, HRT pada tangki kontak dan tangki denitrifikasi yang konstan, konsentrasi mikroorganismenya dalam tangki stabilisasi akan meningkat juga harga  $t_s$  ditingkatkan.

Peningkatan  $x_d$  akibat peningkatan  $x_s$  juga mengakibatkan peningkatan konsentrasi biomassa pada tangki kontak  $x_c$  dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Konsentrasi Biomassa pada Tangki Kontak sebagai Fungsi Waktu Stabilisasi

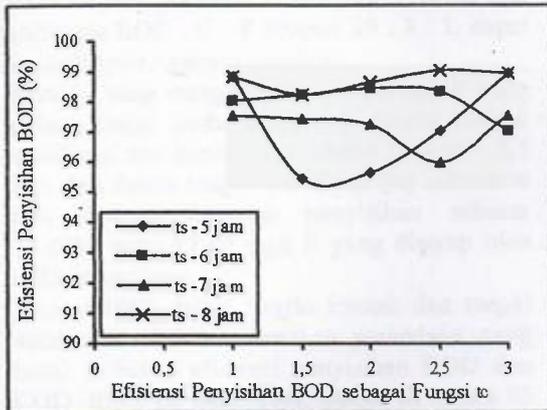
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peningkatan  $t_s$  sampai 6 jam akan menyebabkan peningkatan konsentrasi biomassa pada tangki kontak, tangki stabilisasi dan tangki denitrifikasi. Bila  $t_s$  melebihi 6 jam maka terjadi pergeseran pertumbuhan ke arah fasa respirasi endogen, yang menyebabkan konsentrasi biomassa ketiga tangki tersebut menurun.

#### 4.2. Penyisihan BOD dan COD

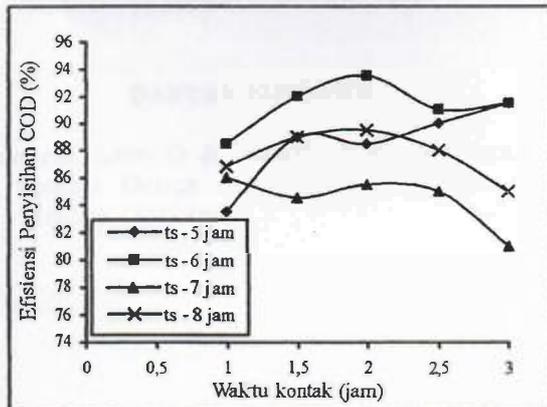
Efisiensi penyisihan BOD dan COD dalam proses ini terjadi baik dalam tangki denitrifikasi maupun dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi. Dalam tangki denitrifikasi penyisihan BOD dan COD terutama terjadi akibat proses denitrifikasi yang memerlukan sumber C organik sebagai sumber energi. Sedangkan penyisihan BOD dan COD pada tangki kontak dan tangki stabilisasi terjadi akibat proses oksidasi bahan organik.

Efisiensi penyisihan zat organik sebagai BOD dan COD pada waktu detensi yang berbeda yang diperoleh selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6, semakin lama waktu kontak efisiensi penyisihan BOD dan COD juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan waktu

kontak yang lebih panjang akan memberikan kesempatan yang lebih banyak bagi mikroorganisme untuk menggunakan senyawa organik untuk melakukan sintesa sel baru (Whorter & Heukelekian, 1964).



Gambar 4.5. Efisiensi Penyisihan BOD sebagai fungsi tc



Gambar 4.6 Efisiensi Penyisihan COD sebagai Fungsi tc

Randall (1970) menyimpulkan bahwa lama waktu aerasi akan menyebabkan penurunan konsentrasi COD pada effluent. Dalam penelitiannya, Randall melakukan penelitian untuk waktu aerasi sampai 6 jam.

#### 4.3. Efisiensi Penyisihan P

Pada reaktor denitrifikasi dimana proses yang berlangsung adalah anoksik, mikroorganisme aerobik akan menghidrolisa PP menjadi OP untuk memperoleh energi yang digunakan untuk penyerapan BOD kedalam sel. Akibatnya

konsentrasi TP dan konsentrasi OP dalam larutan bertambah, sedangkan konsentrasi PP berkurang.

Pada tangki aerobik, konsentrasi OP dan TP akan berkurang dikarenakan energi yang dihasilkan dari proses oksidasi BOD yang berada dalam sel mikroorganisme cukup untuk menyerap OP dan menyimpannya dalam sel dalam bentuk PP. Sedangkan konsentrasi PP dalam tangki aerobik semakin bertambah. Efisiensi penyisihan P yang tertinggi pada seluruh kondisi operasional diperoleh pada  $t_c = 2,5$  jam dan  $t_s = 6$  jam yaitu 74,43%.

#### 4.3.1. Pengaruh HRT pada Tangki Kontak terhadap Efisiensi Penyisihan P

Dalam proses pengolahan biologi, lamanya waktu kontak antara air buangan dengan mikroorganisme dalam reaktor mempunyai pengaruh yang besar terhadap efisiensi penyisihan P.

Dalam penelitian ini digunakan HRT denitrifikasi 3 jam. Hal ini dianggap cukup untuk mencapai kondisi anoksik yang diinginkan.

Pada penelitian ini HRT adalah rata-rata 2,5 jam. Jika lebih dari 2,5 jam maka efisiensi penyisihan P akan rendah, karena mikroorganisme belum sempat mengambil P sebanyak-banyaknya dari larutan, yang mengakibatkan effluent masih mengandung P yang cukup tinggi.

Jika HRT melebihi 2,5 jam, maka mikroorganisme akan melewati masa jenuh dalam penyimpanan P dalam selnya, sehingga akan melepaskan P kedalam larutan. Hal ini mengakibatkan efisiensi penyisihan P akan kembali turun.

#### 4.3.2. Analisa terhadap Penyisihan P oleh Biomassa dan Pengolahan Penyisihan P

Morgan dan Fruh (1974) menyatakan bahwa kebutuhan P minimum untuk pertumbuhan sel adalah 1% dari total berat biomassa (sebagai VSS). Beberapa peneliti menyatakan bahwa kandungan P didalam lumpur aktif antara 1 - 3% dari berat total sebagai VSS.

Pada penelitian ini semakin tinggi  $t_c$ , luxury uptake yang terjadi semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kesempatan mikroorganisme untuk menyerap P sebanyak-banyaknya. Luxury uptake P mencapai maksimum pada  $t_c = 2,5$  jam.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan-percobaan pengolahan yang diperoleh dalam rangka penelitian ini, dengan mengaplikasikan kondisi operasional pada  $\theta_c = 10$  hari,  $R_s$  sebesar 50%,  $R_e = 100\%$  dan perbandingan BOD : C : P sebesar 30 : 3 : 1, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi yang menghasilkan penyisihan P yang paling tinggi pada kombinasi proses kontak stabilisasi dan denitrifikasi adalah pada  $t_c = 2,5$  jam dan dalam tangki stabilisasi ( $t_s$ ) sebesar 6 jam dengan efisiensi penyisihan sebesar 74,43% yaitu 12,19 mg/l P yang diserap oleh mikroorganisme.
2. Variasi HRT dalam tangki kontak dan tangki stabilisasi tidak memberikan perbedaan yang besar terhadap efisiensi penyisihan BOD dan COD. Efisiensi BOD yang diperoleh antara 95 – 99% sedangkan penyisihan COD antara 81 – 93%.
3. Luxury Uptake P telah terbukti pada penelitian ini, besarnya antara 63,85 – 410,79%.

#### DAFTAR PUSTAKA

Benfield, Larry D & Randall, 1980, "Biological Process Design for Wastewater Treatment", Prentice – Hall Inc.

Eckenfelder, W.W.Jr., 1980, "Principles of Water Quality Management", CBI Publishing Company Inc, USA.

Grady & Lim, 1980, "Biological Wastewater Treatment, Theory and Application", Marcel Dekker Inc., New York.

Levin Gilbert V & Shapiro, Joseph, June 1965, "Metabolic Uptake of Phosphorus by Wastewater Organisms", Journal Water Pollution Control Federation Vol. 37 No. 6.

Metcalf & Eddy, 1979, "Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse", 2<sup>nd</sup> ed., Tata McGraw Hill Publishing Co., New Delhi.

Morgan, W.E. & Fruh, E.G., November 1974, "Phosphate Incorporation in Activated Sludge", Journal Water Pollution Control Federation..

Sundstrom, Donald W. & Herbert E. Klei, 1979, "Wastewater Treatment", Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, USA.