

# PENGARUH SISTEM FEEDING PENGOLAHAN LIMBAH TERHADAP BIOFLOKULASI LUMPUR AKTIF

Ignasius D. A. Sutapa

## ABSTRAK

Pengolahan limbah domestik maupun industri dengan sistem lumpur aktif paling banyak dipakai akhir-akhir ini. Selain beberapa keuntungan dari sistem tersebut (operasional mudah, sistem kontinyu, sederhana dll), ada kendala yang sering dihadapi yaitu gagalnya bioflokulasi diakhir proses yang diakibatkan oleh dominannya mikroorganisme filamen (fenomena bulking). Penelitian ini membuktikan adanya kompetisi antara beberapa mikroorganisme dalam media lumpur aktif terutama bakteri normal dan bakteri filamen. Sistem feeding periodik merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan bakteri normal dan menghasilkan flok lumpur aktif dengan kualitas tinggi. Sedangkan sistem feeding menerus (kontinyu) pada umumnya mendorong bakteri filamen untuk berkembang lebih cepat yang mengakibatkan rendahnya kualitas bioflok.

*Kata kunci : lumpur aktif, bioflok, sistem feeding, bulking*

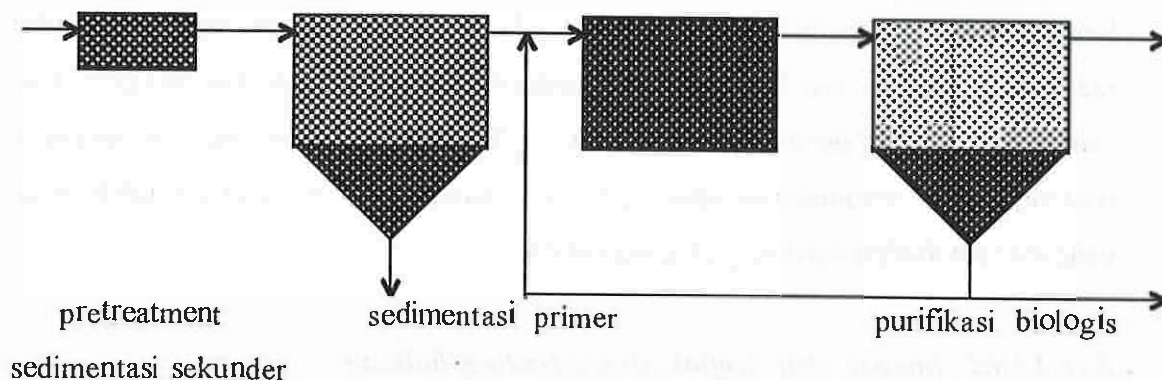
## PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan memacu kegiatan ekonomi di berbagai sektor industri, mulai dari industri kimia, tekstil, pertanian, makanan, rumah tangga, pariwisata, perhotelan sampai kepada rumah sakit. Semua kegiatan tersebut disamping memberikan luaran berupa produksi barang ataupun jasa dengan nilai ekonomi yang tinggi, juga menghasilkan buangan (limbah) yang tidak sedikit. Hal ini perlu mendapat perhatian yang serius sebab daya dukung lingkungan alam terhadap limbah buangan sangat terbatas, dan juga sangat berbahaya bagi manusia maupun makhluk hidup lainnya.

Cara konvensional yang paling sering dipakai untuk mengolah air limbah (industri/domestik) yang mengandung karbon organik adalah dengan sistem lumpur

aktif. Selain sederhana dalam pengoperasian, sistem ini memiliki keuntungan lain yaitu bisa dioperasikan secara kontinu (menerus) serta tahan terhadap fluktuasi beban dalam batas-batas tertentu.

Pada dasarnya pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif mereproduksi dalam skala industri, proses oksidasi alami dari bahan organik yang terjadi di air permukaan (sungai, danau, situ dll.). Dalam sistem ini, air limbah dan flok dari mikroorganisme tersuspensi (lumpur aktif) disatukan dalam suatu reaktor biologi teraerasi. Limbah organik tersebut memungkinkan mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembangbiak. Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini pada umumnya terdiri atas 4 tahap: pengolahan awal (pretreatment), sedimentasi primer, purifikasi biologis dan sedimentasi sekunder. Skema singkat dari sistem ini diberikan dalam gambar I.1.



Gambar 1 : Bagan unit pengolahan limbah.

Purifikasi biologis dan sedimentasi (pemisahan) sekunder merupakan 2 tahap penting yang saling terkait dan menentukan untuk berhasilnya proses pengolahan limbah tersebut. Proses mulai terbentuknya bioflok sampai dengan pemisahannya dengan air bersih terjadi dalam dua tahap ini. Gagalnya proses bioflokulasi, yang berakibat pada tidak berfungsinya sistem pengolahan limbah, sering disebabkan oleh tidak terkontrolnya parameter yang mempengaruhi pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme di dalam bioreaktor. Parameter tersebut antara lain fluktuasi beban limbah baik dalam kuantitas maupun komposisi (kualitas), sistem aerasi, serta proses pengadukan (homogenisasi) media.

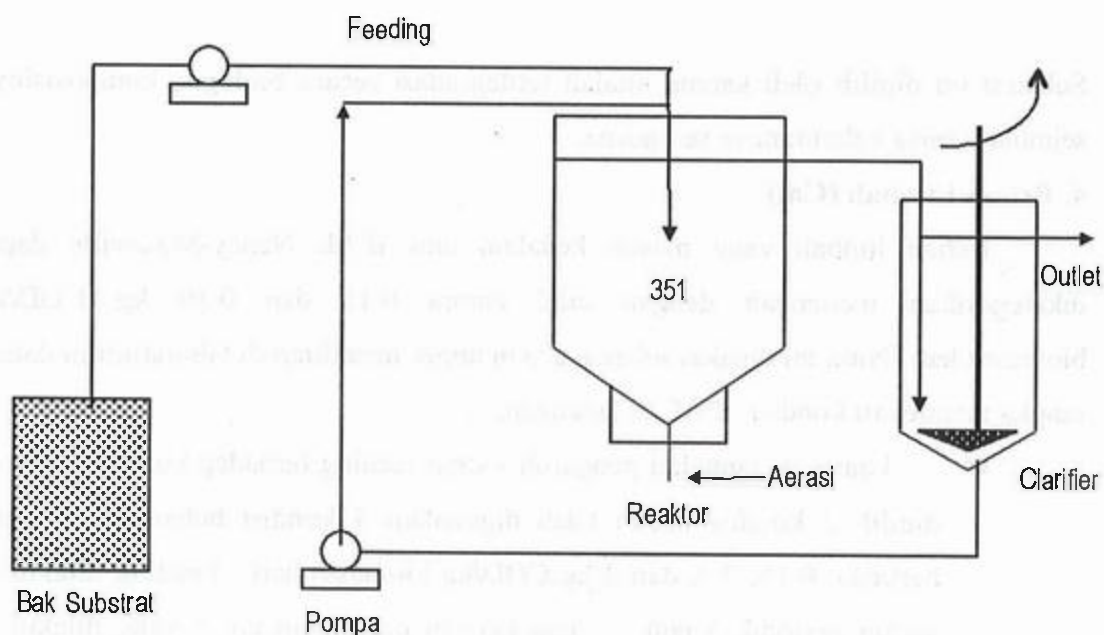
Walaupun sudah cukup banyak penelitian mengenai hal tersebut (URBAIN *et al.*, (1992), ROCHE (1989), JORAND *et al.* (1995), SUTAPA (1996)), namun proses bioflokulasi dalam lumpur aktif masih belum dipahami dengan baik. Hal ini disebabkan oleh kompleksnya sistem ini, disamping juga oleh sulitnya mendapatkan parameter standar dalam mempelajari fenomena yang berhubungan dengan lumpur aktif, berhubung banyaknya faktor yang mempengaruhi sistem tersebut. Dalam rangka melengkapi informasi yang berhubungan dengan masalah tersebut diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh sistem feeding terhadap kualitas bioflok lumpur aktif.

## BAHAN DAN METODE

### 1. Unit Pengolahan Limbah

Gambar 2. menunjukkan skema unit Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) sekala pilot yang terdiri atas :

- a. Bak substrat dari fiberglass volume 50 liter.
- b. Bak aerasi dari fiberglass volume 35 liter.
- c. Unit pemisahan dari fiberglass volume 20 liter.
- d. Pompa peristaltik 2 buah.



Gambar 2 : Skema unit IPAL sekala pilot.

Bak aerasi berfungsi sebagai reaktor biologi yang teraduk sempurna dengan injeksi udara melalui batu aerasi kedalamnya. Injeksi udara ini berfungsi ganda: selain untuk mensuplai oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam media, juga untuk homogenisasi lumpur aktif.

## **2. Lumpur Aktif**

Lumpur aktif yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari IPAL Nancy-Maxeville yang merupakan stasiun pengolahan limbah domestik skala industri. Sebelum diintegrasikan dalam proses pengolahan limbah skala pilot, lumpur aktif tersebut diaklimatisasi dengan substrat sintetik selama 1 minggu di laboratorium LSGC-Nancy. Selama penelitian berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap keadaan fisik lumpur aktif dengan memakai mikroskop optik.

## **3. Substrat**

Limbah sintetik yang dipakai adalah Viandox yang merupakan makanan tambahan bagi orang eropa yang mengandung komponen lengkap (nutrisi) : protein, lemak, mineral dan vitamin yang diperlukan oleh tubuh manusia. Karakteristik dari viandox tersebut adalah sebagai berikut :

- Densitas (kerapatan) : 1.225
- Berat kering : 445 g/l (360 g/kg)
- 4.77 gram Viandox : 1 gram COD

Substrat ini dipilih oleh karena mudah terdegradasi secara biologis, komposisinya seimbang serta kelarutannya sempurna.

## **4. Beban Limbah (Cm)**

Beban limbah yang masuk kedalam unit IPAL Nancy-Maxeville dapat dikategorikan menengah dengan nilai antara 0.15 dan 0.30 kg COD/kg biomassa.hari. Nilai ini dipakai sebagai acuan untuk penelitian di laboratorium dalam rangka mendekati kondisi IPAL di lapangan.

- Untuk mengetahui pengaruh sistem feeding terhadap kualitas bioflok, dipilih 2 kondisi beban telah digunakan 3 kondisi beban limbah yang berbeda: 0.15, 0.3, dan 2 kg COD/kg biomassa.hari. Feeding dilakukan secara periodik 3 jam - 3 jam kecuali percobaan no. 5 yang dilakukan secara menerus.

## 5. Analisa

Parameter yang diukur antara lain temperatur media (T), konsentrasi oksigen terlarut (DO), konsentrasi biomassa (X), Indeks Mohlman (IM), turbiditas, (Abs 546) dan COD.

Kebutuhan oksigen secara kimiawi (COD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada dalam sampel. Parameter ini biasa dipakai untuk mengetahui kandungan organik dalam air limbah. Metode yang dipakai adalah metode HACH (SUTAPA, 1996), dengan ketelitian sekitar 15 mg/l.

Kandungan oksigen terlarut dalam media lumpur aktif diukur dengan Oximeter 96-A/SET. Kalibrasi dilakukan sebelum pengukuran. Alat ini memiliki ketelitian sekitar 0.1 mg/l.

Turbiditas air yang keluar dari sistem pengolahan limbah diukur dengan spektrofotometer merek SECOMAM (SI 000/PC) pada panjang gelombang 546 nm. Pengukuran densitas optik ini dilakukan setelah pengendapan lumpur aktif selama 30 menit.

Untuk mengukur konsentrasi biomassa (X) volume tertentu dari lumpur aktif (kurang lebih 25 ml) diencerkan dengan air aquades kemudian disentrifugasi selama 15 menit pada suhu 4 C dan 3500 rpm. Residu diambil, disuspensikan dengan air aquades dan disentrifugasi kedua kalinya. Residu yang tinggal kemudian dikeringkan pada suhu 105 C selama 24 jam. Mengingat karakteristik substrat yang digunakan, berat kering yang didapatkan ini merupakan perkiraan yang baik dari konsentrasi biomassa.

Indeks Mohlman (IM) didefinisikan sebagai volume dalam mililiter (ml) yang ditempati oleh 1 gram biomassa (X) setelah terendapkan selama 30 menit (V30) dalam gelas ukur bervolume 1 liter. Volume lumpur aktif setelah kurun waktu tersebut harus berada diantara 100 dan 300 ml. Jika  $V_{30} > 300$  ml, lumpur aktif perlu diencerkan dengan air yang keluar dari IPAL untuk menjaga kondisi yang sama. Indeks Mohlman didapatkan dengan membagi V30 dengan berat biomassa yang terdapat dalam gelas ukur. Ketelitian pengukuran ini sekitar 20 ml/g.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada temperatur dan kandungan oksigen terlarut yang sama dalam media lumpur aktif, tidak ada hubungan langsung antara beban limbah dan kualitas bioflok yang diwakili oleh indeks Mollman. Hal ini sesuai dengan apa yang disampaikan oleh beberapa peneliti lain (ROCHE (1989), URBAIN (1992)).

Tabel 1 : Rekapitulasi parameter kondisi operasional.

No.	Beban (kg COD/kg biomassa.hari)	T(C)	DO (mg/l)	X(g/l)	IM (ml/g)	Turbiditas (Abs 546)
1	tanpa aklimatisasi 0.25	22-26	6 - 8	3.5	222	< 0.1
2	0.15	22-26	6 - 8	4.0	139	< 0.1
3	0.3	22-26	6 - 8	4.9	96	< 0.1
4	2	22-26	6 - 8	4.6	110	< 0.1
5	0.3 (bulking)	22-26	6 - 8	4.5	416	> 1

Pada sistem feeding yang sama, beban limbah tidak berpengaruh langsung pada indeks molhman. Sedangkan sistem feeding sangat berpengaruh pada kualitas bioflok. Pada percobaan No. 3 dan No. 5, lumpur aktif dari sumber yang sama diaklimatisasi dengan substrat sintetik dengan beban 0.3 kg COD/kg biomassa.hari memberikan nilai IM masing-masing 96 ml/g dan 416 ml/g. Perbedaan kualitas bioflok pada dua kondisi tersebut juga tercermin oleh perbedaan yang menyolok dari

nilai turbiditasnya. Bioflok pada kondisi normal memberikan nilai Abs 546 lebih kecil dari 0.1, sedangkan untuk bioflok dalam keadaan bulking, nilai Abs 546 lebih besar dari 1.

Hasil tersebut diatas memperkuat dugaan bahwa tingkat pertumbuhan beberapa jenis mikroorganisme (terutama bakteri) yang ada dalam lumpur aktif sangat tergantung pada ketersediaan senyawa organik sebagai sumber energi (EDELIN, 1993). Lamanya waktu ketersediaan nutrisi tersebut tampak mempengaruhi kompetisi pertumbuhan terutama antara dua jenis bakteri yaitu bakteri normal dan bakteri filamen. Hal ini jelas terlihat pada percobaan No.3, dimana nilai IM 96 ml/g sesuai dengan kriteria bioflok dengan kualitas baik, dengan karakteristik: mayoritas bakteri normal, flok padat (kompak), dan interstisiel jernih. Penghentian feeding selama 3 jam (sistem feeding periodik) tampak tidak memungkinkan bagi bakteri filamen untuk tumbuh dengan baik.

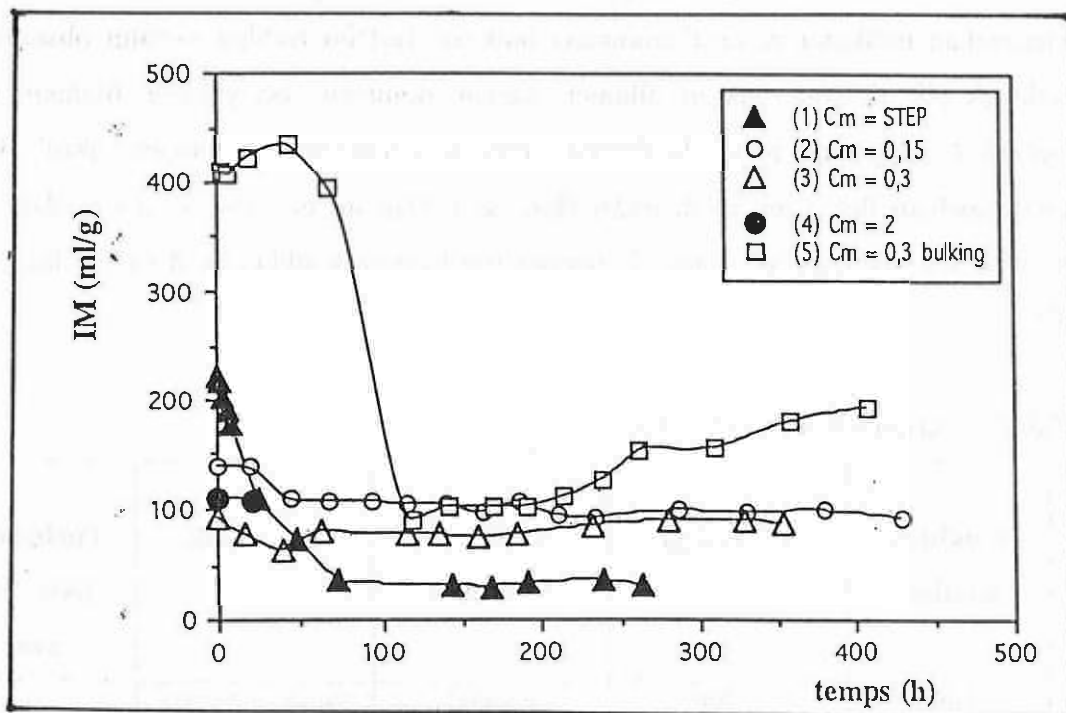
Kompetisi berbalik arah pada kondisi feeding menerus. Nilai IM 416 ml/g merupakan indikator adanya fenomena bulking. Hal ini terlihat melalui observasi mikroskopik dimana bakteri filamen sangat dominan. Banyaknya filamen ini berakibat langsung pada lambatnya proses pengendapan lumpur aktif dan menghasilkan flok yang tidak padat (kompak). Dan ini merupakan ciri rendahnya kualitas bioflok tersebut. Tabel 2 merangkum kriteria kualitas bioflokulasi lumpur aktif.

**Tabel 2 : Kriteria kualitas bioflok**

<b>Kualitas Bioflok</b>	<b>IM (ml/g)</b>	<b>Bakteri Dominan</b>	<b>Sifat Flok</b>	<b>Turbiditas (Abs 546 nm)</b>
Tinggi	<200	normal	padat - kompak	<0.1
Rendah	> 200	filamen	jarang	> 1

Rentannya pertumbuhan bakteri filamen akibat perubahan kondisi feeding ditunjukkan oleh penurunan yang tajam dari Indeks Molhman setelah feeding dihentikan selama 100 jam. Pada percobaan no. 1 s/d 4, terjadi sedikit penurunan IM (Gambar 1) yang diakibatkan oleh fenomena deflokulasi (SUTAPA, 1996) karena

mikroorganisme mulai kekurangan makanan. Sedangkan penurunan yang sangat tajam dari nilai IM dari 416 ml/g menjadi 100 ml/g selama 100 jam pada percobaan No. 5 (lumpur aktif mula-mula dalam kondisi bulking) ini merupakan akibat dari berkurangnya bakteri filamen dalam media. Hal ini terlihat melalui mikroskop optik, hilangnya bakteri-bakteri filamen tersebut. Dapat disimpulkan bahwa bakteri filamen dalam lumpur aktif akan bertumbuh dengan cepat dalam reaktor teraduk sempurna dengan feeding menerus. Namun bakteri ini sangat rentan terhadap kurangnya nutrisi apabila feeding dihentikan. Hal ini memberikan gagasan perlunya menambah jumlah reaktor jika feeding dilakukan secara menerus untuk menghindari dominannya bakteri filamen dalam sistem lumpur aktif.



Gambar 1 : Efek penghentian feeding terhadap Indeks Molhman



## KESIMPULAN DAN PERSPEKTIF

Sistem lumpur aktif yang paling banyak digunakan untuk pengolahan limbah organik baik domestik maupun industri sering menghadapi kendala berupa lambatnya pengendapan diakhir proses. Hal ini terutama disebabkan oleh dominannya bakteri filamen dalam media tersebut (fenomena bulking). Penelitian ini membuktikan bahwa kompetisi terjadi antara beberapa mikroorganisme dalam lumpur aktif terutama bakteri normal dan bakteri filamen. Dominan atau tidaknya kedua jenis bakteri tersebut sangat ditentukan oleh sistem feeding yang dipakai. Feeding periodik (3 jam - 3 jam) akan mendukung bakteri normal untuk bertumbuh dengan cepat sehingga menghasilkan flok dengan kualitas tinggi. Sedangkan feeding menerus pada umumnya mendorong bakteri filamen untuk menjadi dominan yang mengakibatkan rendahnya kualitas bioflok.

Dari hasil penelitian ini perlu dikaji lebih jauh efek dari jumlah reaktor teraduk sempurna terhadap selektivitas mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif, apabila feeding menerus dilakukan seperti yang terjadi di industri. Studi hidrodinamika dari susunan reaktor tersebut akan sangat bermanfaat untuk menginterpretasikan hasil yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- EDELIN F.** -"L'Épuration biologique des eaux."- Technique et Documentation- Cebedoc editeur, Lavoisier, 1993.
- JORAND F.** These Université de Nancy I, Nancy, 1995
- ROCHE N.**-"Influence de l'hydrodynamique des bassins d'aérations sur la decantabilité des boues activées."-These INPL, Nancy, 1989.
- SUTAPA I.**-"Propriétés physicochimiques et decantabilité des boues activées en relation avec le transfert d'oxygène et la bioflokulation."-These INPL, Nancy, 1996.

