
LAMPIRAN 5.

STUDI AWAL BAKTERI FILAMEN SEBAGAI BAHAN BANTU KOAGULAN DALAM SISTEM PENGOLAHAN AIR BERSIH : ISOLASI DAN KINETIKA PERTUMBUHAN

oleh :

Ignasius D.A. Sutapa, Rachel Koamesakh, Valentinus Maria NRR & Djoko Santoso

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri filamen dari sistem pengolahan air bersih skala pilot, dan mempelajari karakteristik morfologisnya serta kinetika pertumbuhannya. Isolasi bakteri filamen dilakukan dengan membuat seri pengenceran dari sampel air baku, lalu diinokulasikan pada medium *plate count agar* + 1% (v/v) air baku steril. Pemilahan koloni bakteri filamen dilakukan dengan pengamatan morfologi selnya. Koloni yang terdiri dari bakteri filamen disimpulkan sebagai biakan tuntutan pada media yang sama. Dari sistem pengolahan air bersih dengan air baku situ Cibunut, diperoleh 2 isolat bakteri filamen, yaitu isolat FAB1, FAB2. Pengamatan morfologi sel untuk masing-masing isolat menunjukkan bahwa sel-selnya tampak berwarna ungu, menunjukkan sifat Gram positif. Tampak jelas adanya filamen yang panjang. Filamen terdiri dari sel-sel berbentuk silinder-batang dengan ujung bulat, yang bergabung satu dengan yang lain membentuk rantai panjang. Tampak juga adanya filamen yang mengalami fragmentasi sehingga tampak seperti sel-sel tunggal berbentuk silinder atau rantai yang pendek. Adapun kedua isolat bakteri filamen tersebut memiliki waktu generasi (τ) masing-masing 7.377 jam dan 9.678 jam, serta kecepatan pertumbuhan spesifik (r) 0.094 jam^{-1} dan 0.072 jam^{-1} .

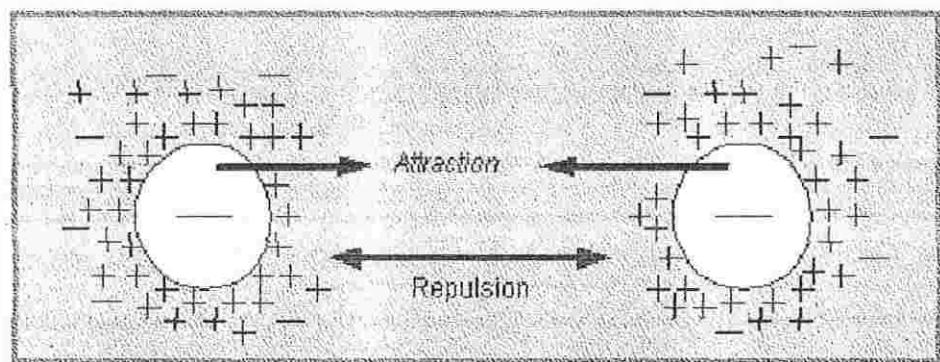
Kata kunci: bakteri filamen, kinetika pertumbuhan, air bersih, bahan bantu koagulan

1. PENDAHULUAN

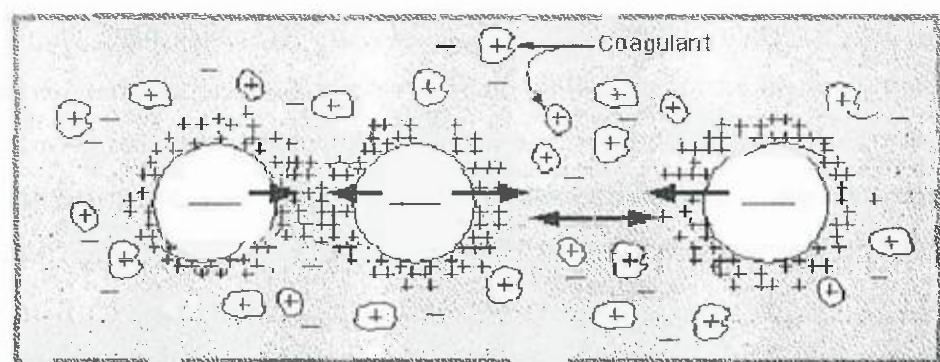
Dalam sistem lumpur aktif, bakteri filamen bersama dengan organisme lain non filamen membentuk flok dimana bakteri filamen tersebut berfungsi sebagai rangkanya. Flok ini akan membantu pengendapan partikel-partikel lumpur, sehingga bahan padat yang tersuspensi dapat dipisahkan dari air. Di dalam sistem pengolahan air bersih, proses koagulasi dan flokulasi partikel-partikel koloid dari air baku sering kurang efektif akibat rendahnya tingkat kekeruhan air baku yang masuk instalasi. Bahan bantu koagulan yang berupa polimer sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi koagulasi sehingga flok dapat terbentuk dengan cepat.

Kontaminan didalam air baku kebanyakan berukuran koloid yaitu antara 1-100 μm . Partikel koloid ini sangat stabil sehingga sulit mengendap. Faktor penting yang mempengaruhi stabilitas koloid adalah muatan permukaan koloid tersebut.

Menurut Bird (1993), muatan koloid ini menyebabkan partikel-partikel tersebut akan tolak menolak sehingga mencegah terjadinya agregasi yang dapat menyebabkan pengendapan. Namun demikian didalam sistem koloid ada juga gaya tarik menarik yang dikenal dengan gaya London-van der Waals. Gaya ini cenderung menyebabkan partikel-partikel koloid berkumpul membentuk agregat dan kemudian mengendap (Gambar 1). Koagulasi terjadi bila partikel-partikel koloid yang telah ternetralkan oleh penambahan elektrolit mempunyai jarak cukup dekat sehingga gaya van der waals (gaya tarik menarik antar partikel) dapat mengalahkan gaya gerak partikel (Gambar 2). Pengadukan pada suspensi menyebabkan partikel saling mendekat dan bergabung membentuk flok untuk kemudian terjadi pengendapan.



Gambar 1.: Partikel koloid dalam keadaan stabil (Chandra, 2002)



Gambar 2.: Destabilisasi partikel koloid (Chandra, 2002)

Jika tingkat kekeruhan air baku cukup rendah, maka kemungkinan penggumpalan sulit atau tidak dapat terjadi. Karena konsentrasi koloid yang rendah dan potensial tumbukan yang rendah maka destabilisasi hanya tercapai pada konsentrasi koagulan yang tinggi melalui mekanisme penjeratan endapan.

Hasilnya berupa flok yang ringan, mudah pecah dan lambat karena flok yang terbentuk umumnya Al(OH)_3 . Pada beberapa kasus, perlu ditambahkan bahan bantu koagulan (*coagulant aids*) untuk memperberat flok dan memudahkan koagulasi (Benefield *et al.*, 1982).

Bahan bantu koagulan adalah bahan yang bukan koagulan tetapi dapat meningkatkan keefektifan koagulan, baik karena terbentuknya flok yang lebih berat, mempercepat reaksi maupun memperkecil dosis koagulan yang harus ditambahkan (Rohm *and* Haas, 2002). Bahan bantu koagulan biasanya seperti tanah liat, silika aktif dan polimer (Suryadiputra, 1995). Sebagai contoh tanah liat (*clay*) banyak kemiripannya dengan silika aktif, yaitu bermuatan negatif dan dapat menambah berat flok. Tanah liat juga cocok untuk mengolah air yang sangat berwarna dan tingkat kekeruhannya rendah (Suryadiputra, 1995). Benefield *et al.* (1982), secara spesifik menyebutkan jenis tanah liat tersebut adalah bentonit (*bentonitic clays*) untuk bahan bantu koagulan air dengan kekeruhan yang rendah. Penggunaan bentonit diindikasikan dapat menurunkan jumlah koagulan yang dibutuhkan.

Bakteri filamen yang secara fisik berbentuk memanjang, dapat merupakan biopolimer, diduga bisa berperan sebagai bahan bantu koagulan biologis yang dapat meningkatkan efektivitas koagulasi dalam sistem pengolahan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri filamen dari sistem pengolahan air bersih skala pilot, dan mempelajari karakteristik morfologisnya serta kinetika pertumbuhannya, sebagai langkah awal untuk mendapatkan biopolimer yang dapat digunakan sebagai bahan bantu koagulan dalam proses koagulasi partikel koloid sistem pengolahan air bersih.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Isolasi bakteri filamen

Isolasi bakteri filamen menggunakan metode yang telah digunakan oleh penulis yang sama sebelumnya (Sutapa *et al.*, 2004). Diambil sampel air limbah dari bak air baku instalasi penolahan air bersih skala pilot. Sampel disimpan di dalam suhu 4°C , untuk dibawa ke laboratorium. Selanjutnya, dilakukan pengenceran bertingkat, dari 10^{-1} sampai dengan 10^{-6} terhadap sampel yang

didapat. Dari hasil pengenceran bertingkat, diambil masing-masing 1 ml sampel, untuk dibiakkan secara taburan (*pour plate*) pada media *Nutrien Agar* (NA). Kemudian, biakan diinkubasi selama dua sampai empat hari di dalam inkubator, pada suhu 35 °C. Koloni yang merupakan bakteri filamen dimurnikan. Pemurnian dilakukan dengan cara mengambil 1 osse koloni bakteri filamen dan menumbuhkannya secara aseptis pada cawan petri dengan media NA. Selanjutnya, dilakukan inkubasi selama dua hari pada suhu 35 °C, untuk melihat keberadaan kontaminan pada media pertumbuhan. Bila terdapat kontaminan, maka dilakukan pemurnian ulang. Bila tidak, dilakukan penyimpanan isolat pada media NA miring. Pada penelitian ini digunakan *Nutrient Agar* (NA) + 1% limbah cair steril untuk peremajaan isolat.

2.2. Kinetika pertumbuhan isolat

Percobaan kinetika pertumbuhan tiap isolat dilakukan pada media *Nutrient Broth* (NB). Isolat ditumbuhkan pada media tersebut dan diinkubasikan pada suhu 35°C dan diaduk pada kecepatan 90 rpm (Sutapa et al., 2004). Setiap interval waktu tertentu dilakukan peneraan *Optical Density* (OD) menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Dari OD terukur dicari waktu generasi (g), konstanta *instantaneous growth rate* (\square) dan konstanta kecepatan pertumbuhan (k), berdasarkan persamaan 1 (Prescott et al., 1999 dengan modifikasi):

$$k = \frac{\log X_n - \log X_0}{0,301 \cdot t} \quad (1)$$

$$g = 1/k$$

$$\square = 0,693 * k$$

keterangan n:

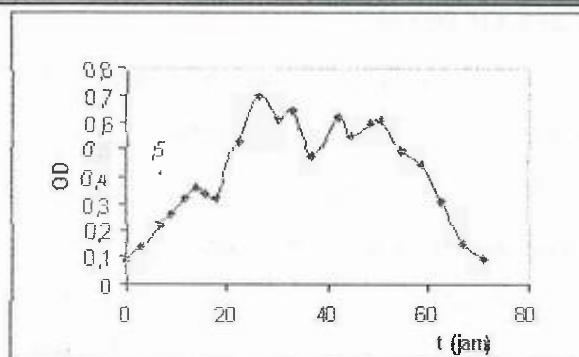
X_n = OD pada $t = n$

X_0 = OD pada $t = 0$

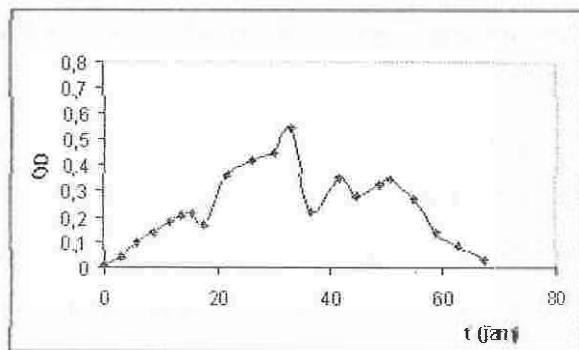
t = selisih waktu pengukuran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sistem pengolahan air bersih skala pilot dengan air baku merupakan air tergenang situ Cibuntu - Cibinong, telah berhasil diperoleh dua isolat bakteri filamen yaitu FAB1 dan FAB2. Untuk mengetahui karakteristik morfologisnya, telah dilakukan pengamatan koloni secara langsung dan pengamatan sel dengan mikroskop optik skala pembesaran 250 – 1000 kali. Pengamatan morfologi sel untuk masing-masing isolat menunjukkan bahwa sel-selnya tampak berwarna ungu, menunjukkan sifat Gram positif. Tampak jelas adanya filamen yang panjang. Filamen terdiri dari sel-sel berbentuk silinder-batang dengan inti bulat, yang bergabung satu dengan yang lain membentuk rantai panjang. Tampak juga adanya filamen yang mengalami fragmentasi sehingga tampak seperti sel-sel tunggal berbentuk silinder atau rantai yang pendek. Sebagaimana telah dilaporkan oleh Sutapa (2004) sebelumnya, pola kurva pertumbuhan kedua isolat bakteri filamen yang ditemukan ini hampir mirip dengan isolat bakteri filamen yang ditemukan dari sistem lumpur aktif, walaupun tentu saja dengan perbedaan di dalam intensitas kecepatannya. Gambar 1 dan 2 menunjukkan kurva pertumbuhan isolat bakteri FAB1 dan FAB2. Tampak bahwa fase lag untuk kedua isolat telah terlewati, sementara fase eksponensial berada dalam kisaran waktu 0 – 18 jam. Di atas waktu ini kerapatan optik cenderung menurun selama sekitar 1 jam kemudian naik lagi untuk mencapai OD maksimal dalam kisaran 0.6 – 0.7. Setelah nilai OD maksimal ini, tampaknya isolat bakteri masuk dalam fase stasioner dengan nilai OD yang agak fluktuatif sampai $t = 52$ jam, sebelum akhirnya masuk dalam fase kematian dimana nilai kerapatan optik cenderung turun hingga mencapai nilai semula dalam kisaran waktu 70 jam. Fase stasioner dengan nilai OD yang bervariasi, untuk sementara belum dapat diidentifikasi penyebabnya, tetapi kemungkinan berhubungan dengan kondisi fisiologis yang berulah.

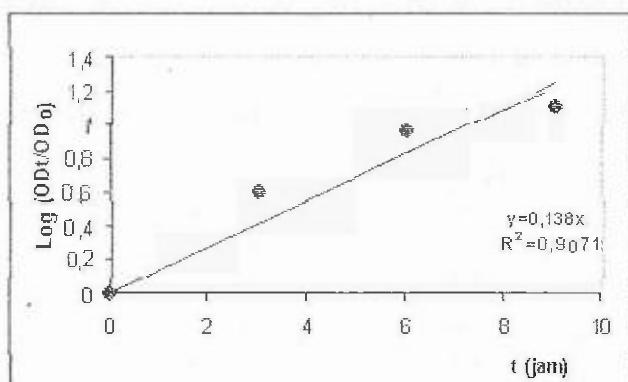
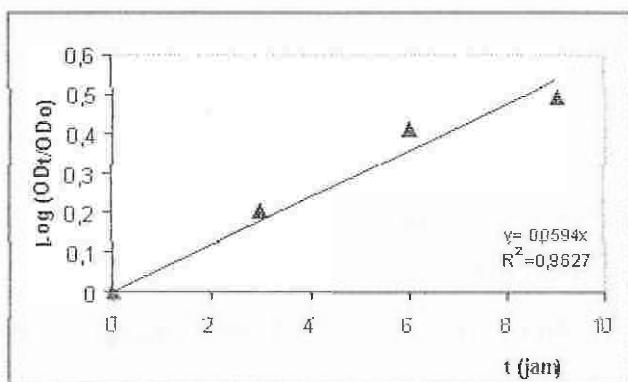


Gambar 1.: Pola pertumbuhan isolat bakteri filament FAB1



Gambar 2.: Pola pertumbuhan isolat bakteri filament FAB2

Untuk mengetahui parameter kinetika isolat bakteri filament yang ditemukan, maka telah dibuat grafik hubungan antara $\text{Log}(\text{OD}_t/\text{OD}_0)$ vs t . Hasilnya ditampilkan dalam gambar 3 dan 4. Terlihat dari gambar tersebut bahwa untuk kedua isolat bakteri FAB1 dan FAB2, kecenderungan garis linear didapatkan dalam selang waktu 10 jam pertama sejak inokulum dibuatkan untuk studi kinetika. Gambar 3 memperlihatkan kisaran OD yang lebih besar antar 0 s/d 1.2 dibandingkan dengan gambar 4 dimana kisaran OD hanya 0 – 0.5 untuk selang waktu yang sama 0 – 10 jam. Dengan demikian isolat FAB1 memiliki nilai konstanta kecepatan pertumbuhan (k) yang lebih besar yaitu 0.136 jam^{-1} , dibandingkan dengan isolat FAB2 dengan nilai $k 0.103 \text{ jam}^{-1}$, seperti tercantum dalam tabel 1. Demikian juga nilai kecepatan pertumbuhan spesifik isolat bakteri FAB1 sebesar 0.094 jam^{-1} , sedangkan untuk FAB2 adalah 0.072 jam^{-1} . Kebalikannya, nilai waktu generasi (g) untuk isolat FAB1 sebesar 7.377 jam , lebih singkat dibandingkan dengan waktu generasi isolat FAB2 yaitu 9.678 jam . Perbedaan nilai parameter kinetika ini erat hubungannya dengan karakteristik isolat yang bersangkutan.

Gambar 3.: Grafik hubungan antara Log (OD_t/OD₀) vs t untuk isolat FAB1Gambar 4.: Grafik hubungan antara Log (OD_t/OD₀) vs t untuk isolat FAB2

Menarik untuk dicatat bahwa apabila nilai parameter kinetika isolat bakteri FAB1 dan FAB2 dibandingkan dengan isolat lain yang diperoleh dari sistem lumpur aktif, maka akan terlihat bahwa nilai-nilai tersebut berada dalam kisaran yang tidak jauh berbeda. Tabel 2 menunjukkan nilai parameter dari 3 isolat bakteri filamen SV1, SV2 dan SV3 yang berhasil diisolasi dari sistem pengolahan limbah cair industri tekstil dengan lumpur aktif (Sutapa et al., 2004). Sebagaimana telah dilaporkan oleh Sutapa (2004) bahwa bakteri filamen dalam sistem lumpur aktif memegang peranan yang penting sebagai kerangka flok. Sementara dalam kondisi tertentu seperti rendahnya tingkat kekeruhan air baku, proses koagulasi partikel koloid sangat membutuhkan bahan bantu koagulan untuk meningkatkan efisiensinya. Polimer atau biopolimer dapat menjadi salah satu alternatif bahan bantu tersebut. Bentuk bakteri filamen yang secara fisik memanjang disatu sisi, serta kemiripan fungsi sebagai penetrator muatan dalam proses pembentukan flok, maka perlu dikaji lebih jauh peranan bakteri filamen dalam proses koagulasi-flokulasi pada sistem pengolahan air bersih. Fakta bahwa

di dalam sistem pengolahan air bersih ditemukan juga isolat bakteri filamen merupakan langkah awal yang menjanjikan untuk pengkajian selanjutnya.

Tabel 1.: Hasil perhitungan parameter kinetika pertumbuhan bakteri filamen

Isolat	g (jam)	k (jam-1)	□ (jam-1)
FAB1	7.377	0.136	0.094
FAB2	9.678	0.103	0.072
SV1*	10.99	0.091	0.063
SV2**	7.66	0.131	0.091
SV3*	6.53	0.153	0.106

* : isolat bakteri filamen dari sistem lumpur aktif (Sutapa et al., 2004)

4. KESIMPULAN

Dari sistem pengolahan air bersih dengan air baku situ Cibuntu, diperoleh 2 isolat bakteri filamen, yaitu isolat FAB1, FAB2. Pengamatan morfologi sel untuk masing-masing isolat menunjukkan bahwa sel-selnya tampak berwarna ungu, menunjukkan sifat Gram positif. Tampak jelas adanya filamen yang panjang. Filamen terdiri dari sel-sel berbentuk silinder-batang dengan ujung bulat, yang bergabung satu dengan yang lain membentuk rantai panjang. Tampak juga adanya filamen yang mengalami fragmentasi sehingga tampak seperti sel-sel tunggal berbentuk silinder atau rantai yang pendek. Adapun kedua isolat bakteri filamen tersebut memiliki waktu generasi (g) masing-masing 7.377 jam dan 9.678 jam, serta kecepatan pertumbuhan spesifik (m) 0.094 jam^{-1} dan 0.072 jam^{-1} . Bentuk bakteri filamen yang secara fisik memanjang disatu sisi, serta kemiripan fungsi sebagai penetrat muatan dalam proses pembentukan flok, maka perlu dikaji lebih jauh peranan bakteri filamen dalam proses koagulasi-flokulasi pada sistem pengolahan air bersih. Fakta bahwa di dalam sistem pengolahan air bersih ditemukan juga isolat bakteri filamen merupakan langkah awal yang menjanjikan untuk pengkajian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts,G.A. dan S.S.Santika, 1987. *Metoda Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya

Anonim, 2002. *Bentonit: Referensi bahan galian industri*.
[Ht tp://www.pptm.dpe.go.id/produk/2002/re1bgi/bentonit.cfm](http://www.pptm.dpe.go.id/produk/2002/re1bgi/bentonit.cfm)

-
- Benefield, L.D *et al.*, 1982. *Process Chemistry for water and water treatment*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey
- Bird,T., 1993. *Kimia Fisika untuk Universitas*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Chandra,A. 2002. *Pemanfaatan biji kelor dalam pengolahan limbah cair tekstil*. [Http://www.home.unpar.ac.id/~andic/research.htm](http://www.home.unpar.ac.id/~andic/research.htm)
- Suryadiputra, I.N.N., 1995. : *Pengolahan air limbah dengan metode kimia (Koagulasi dan Flokulasi)*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Tchobanoglous,G and E. Schroeder, 1985. *Water Quality*. Addison-Wesley Publishing Company
- WHO, 1996. *Turbidity : Guidelines for drinking water quality*. 2nd edition Vol 2. Geneva. World Health Organization. [Http://www.who.int/water_sanitation-health.html](http://www.who.int/water_sanitation-health.html)
- Richard, M. 2001. *Practical Control Methods for Activated Sludge Bulking and Foaming. Part I*. NYS Department of Environmental Conservation. The Sear-Brown Group. New York. <http://www.searbrown.com>
- Sutapa I., Octaviani, S., Nurvidyohening W. 2004. *Isolasi dan Karakterisasi Morfolisis Bakteri Filamen dari Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil*. Prosiding Seminar Nasional Viable Manufacturing Technology 2004, Yogyakarta 17 Juli 2004.
- Prescott, L.M., J.P. Harley and D.A. Klein. 1999. *Microbiolog* y. 4th ed., WBC McGraw-Hill. Boston.

