

# PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA MENGUNAKAN KOLAM AERASI DENGAN PENAMBAHAN INOLA-121

## SUGAR MILLS WASTE WATER TREATMENT BY USING AERATED LAGOON WITH INOLA-121 ADDITION

Lily Oktavia<sup>\*1)</sup> dan Nieke Karnaningroem<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,  
Kompleks Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

<sup>\*)</sup>E-mail: Oktavial76@yahoo.co.id

### Abstrak

Kandungan organik limbah cair pabrik gula perlu diturunkan terlebih dahulu sebelum akhirnya dibuang ke badan air penerima. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan INOLA-121 dalam menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dari limbah cair pabrik gula serta mencari hubungan antara penambahan dosis INOLA-121, penambahan *baffle*, dan pengaruh waktu detensi terhadap efisiensi kolam aerasi. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan aliran kontinyu. Volume reaktor uji adalah 50 Liter Variabel konsentrasi INOLA-121 yang ditambahkan sebesar 3 mg/l, 4 mg/l, dan 5 mg/l. Variasi waktu detensi 1 dan 2 hari, serta variabel penambahan *baffle* pada reaktor uji. Parameter uji adalah BOD<sub>5</sub><sup>20</sup>, DO dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa penambahan *baffle* dan tanpa penambahan INOLA-121 pada reaktor uji pada td = 2 hari memberikan efisiensi penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> sebesar 89,3%. Efisiensi penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dengan penambahan INOLA-121 sebesar 5 mg/l pada td = 2 hari mencapai 91,2%. Pada reaktor uji dengan *baffle* dan tanpa penambahan INOLA-121 dalam waktu kontak (td) 2 hari diperoleh efisiensi 91,3%. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *baffle* pada kolam aerasi sama efektifnya dengan penambahan INOLA-121. Peningkatan waktu detensi dari satu hari menjadi dua hari dapat meningkatkan efisiensi penurunan BOD rata-rata sebesar 10% pada setiap reaktor uji.

**Kata kunci** : bakteri, INOLA-121, kolam aerasi, waktu detensi

### Abstract

*The research objective was to determine the ability of bacteria INOLA-121 by reducing the concentration of sugar mill effluent BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> and to find the relationship between dosing of INOLA-121, additional of baffle reactor, and the effect on the efficiency of detention time aerated lagoon. The study was conducted in the laboratory with continuous flow. Test reactor volume 50 liter with variable concentrations of INOLA-121 were added at 3 mg/l, 4 mg/l and 5 mg/l, detention time variation of 1 and 2 days, and adding variable baffle. Test parameters are BOD<sub>5</sub><sup>20</sup>, DO, TSS, MLVSS, pH, and temperature. The results showed that the addition of baffles in the reactor test in td=2 days provide efficiency decreased BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> quite well even without the addition of INOLA-121, which is 89.3%. Efficiency with the addition of INOLA-121 in 5 mg/l, td=2 days reached 91.2%. The efficiency with baffles and adding INOLA-121 in 5 mg/l, td=2 days gained 91.3%. This study shows that the addition of baffles in aerated lagoon treatment as efficient besides the addition of INOLA-121 that will accelerate the reaction in degrading organic sugar mill effluent. The longer the detention time, the better the percentage reduction of BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> is achieved and efficiency of the test reactor aerated lagoon can achieve 80-92%.*

**Keywords**: aerated lagoon, bacteria, detention time, INOLA-121

## 1. PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik gula merupakan salah satu buangan industri dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Proses pembuatan bahan baku gula membutuhkan tambahan beberapa zat kimia untuk mendapatkan produk akhir yang berkualitas (Memon *et al.*, 2006). Limbah cair berasal dari cecceran nira dan air cucian yang mengandung soda dan pelumas pada unit *juice heater* dan *evaporator*. Pabrik gula membutuhkan bahan baku air dalam jumlah besar dan hampir seluruhnya menjadi air limbah dengan material organik berupa bahan terlarut maupun bentuk tersuspensi dalam limbah cair (Kolhe *et al.*, 2002).

Salah satu teknologi pengolahan limbah yang dapat digunakan adalah kolam aerasi dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisma untuk menurunkan kandungan bahan organik. Meskipun pada umumnya limbah dengan bahan organik tinggi direkomendasikan menggunakan pengolahan aerobik, tetapi pengoperasiannya mempunyai kesulitan yang lebih tinggi dari aerobik (Montalco *et al.*, 2010). Kolam aerasi memiliki kelebihan yaitu lebih mudah pemantauan, pengoperasian dan pemeliharaannya. Selain itu dalam pengoperasiannya tidak dibutuhkan biaya yang besar. Adanya *surface aerator* tidak hanya berfungsi sebagai tenaga pengadukan juga memberi tambahan oksigen terlarut sehingga mencegah tumbuhnya alga dalam sistem (Reynold, 1982).

Pengolahan dengan kolam aerasi merupakan gabungan antara sistem Activated sludge dan kolam stabilisasi. Kolam aerasi memiliki efisiensi penghilangan BOD lebih besar dari 90% dengan waktu retensi cukup panjang yaitu 2 waktu 6 hari. Waktu retensi kurang dari 2 hari tidak dianjurkan karena terlalu singkat untuk memungkinkan terbentuknya flokulen yang baik. Konsentrasi padatan dapat mencapai 200-500 mg/L (Reynold, 1982). Tetapi menurut Randall (1980) kriteria desain waktu detensi kolam aerasi antara 1-6 hari. Semakin kecil waktu detensi berarti juga mengurangi volume reaktor.

Unjuk kerja kolam aerasi dipengaruhi oleh aliran hidrolisnya, penempatan aerator dan *baffle* (Pougatch *et al.*, 2007). *Baffle* tidak saja meningkatkan pengadukan, tetapi juga memperpanjang aliran hidrolisnya, sehingga meningkatkan waktu kontak antara air limbah dan mikroorganisma.

Pada reaktor biologis terdapat biomassa yang merupakan gabungan total dari seluruh kehidupan mikroorganisma dalam proses, yaitu: bakteri, protozoa, dan ganggang. Bakteri merupakan agen utama dari pengolahan biologis (Mara, 1978). Secara keseluruhan bakteri memiliki karakteristik dan kondisi pertumbuhan minimum yang dibutuhkan dalam peranannya untuk mendegrasi kandungan organik dalam limbah (Adeoye, 2009).

Bakteri ditemukan dalam jumlah yang fluktuatif dalam reaktor pengolahan biologis secara aerobik (Horan, 1990). Pada awal pengolahan, jumlah bakteri masih sedikit, sehingga untuk mempercepat terjadinya kondisi *steady state* perlu dilakukan penambahan mikroorganisma. Salah satu konsorsium mikroorganisma yang dapat digunakan adalah INOLA-121.

INOLA-121 merupakan bibit mikroorganisma yang mampu mereduksi polutan organik secara cepat. Kandungan bakteri dalam INOLA-121 dibuat secara khusus dalam memecahkan masalah pencemaran oleh limbah cair dari pabrik gula. Bentuknya berupa bubuk kering atau serbuk berwarna coklat, dengan kadar air 4% dan terdiri atas beberapa bakteri pendegradasi. INOLA-121 tahan hidup pada pH 7-8. Di samping itu, perlu kontrol beban organik dan oksigen dalam reaktor, agar sesuai dengan kondisi hidup mikroorganisma. INOLA-121 terkandung *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp1.*, *Pseudomonas sp2.*, *Nitrosomonas sp.*, *Aerobacter sp.*, *Azotosomonas sp.*, *Azotobacter sp.*, *Saccharomyces*. Semua bakteri tersebut mempunyai peranan spesifik terhadap penurunan kandungan limbah cair pabrik gula. *Bacillus sp.* mampu menguraikan karbohidrat,

zat pati dan lemak dengan memproduksi enzim lipase dan protease. *Pseudomonas sp.* mampu mengoksidasi bahan organik terlarut dan kadar nitrat nitrogen pada kondisi anoksik, serta mendegradasi warna dan logam berat. *Nitrosomonas sp.* berperan mereduksi amoniak menjadi nitrit pada kondisi aerobik. *Aerobacter sp.* Mengoksidasi karbohidrat dan rantai pendek bahan organik (terutama protein) menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Reynold, 1982). Bahan organik rantai pendek yang terbentuk akan digunakan oleh spesies bakteri lainnya sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya. *Azotosomonas sp.* mampu mendegradasi senyawa organik dan asam organik dengan memecah senyawa ammonium dan asam amino tertentu sebagai sumber nitrogen. *Azotobacter sp.* mampu mengoksidasi nitrit menjadi nitrat dan air. *Saccharomyces* mampu menguraikan senyawa karbohidrat sederhana (terutama gula) dan dapat mendegradasi molases (tetes tebu) menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dalam kondisi aerobik dan dalam kondisi anaerobik membentuk etanol dan asam organik (Bargey's, 1988).

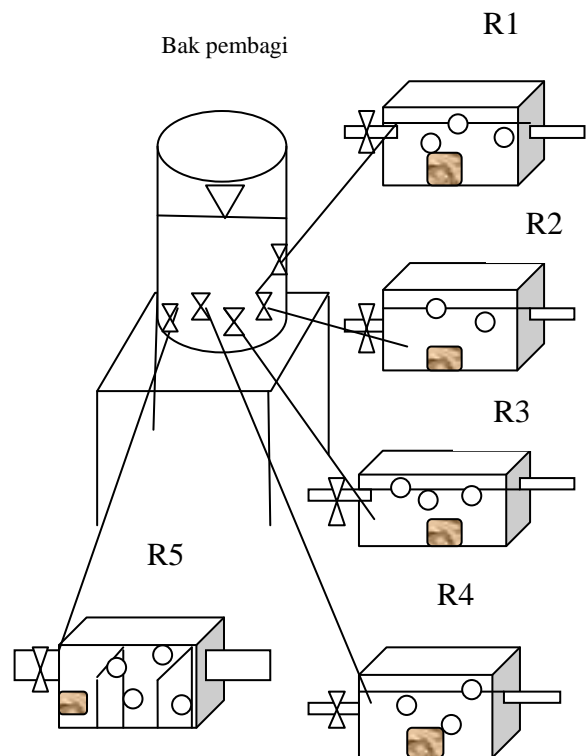
Pengolahan dengan kolam aerasi merupakan gabungan antara sistem *Activated sludge* dan kolam stabilisasi. Kolam aerasi memiliki efisiensi penghilangan BOD lebih besar dari 90% dengan waktu retensi cukup panjang (2-6 hari), waktu retensi kurang dari 2 hari tidak dianjurkan karena terlalu singkat untuk memungkinkan terbentuknya flokulen yang sehat. Konsentrasi padatan dapat mencapai 200-500 mg/L (Reynold, 1982).

Fluktuasi debit dan beban organik dapat menurunkan kinerja kolam aerasi. Oleh karena itu perlu dilakukan beberapa modifikasi untuk meningkatkan efisiensi pengolahan. Penambahan INOLA-121 diharapkan dapat mempercepat proses degradasi air limbah dan penambahan *baffle* diharapkan dapat meningkatkan waktu kontak air limbah dengan mikroorganisma. Oleh karena itu penambahan INOLA-121 ataupun *baffle* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah. Tujuan penelitian ini untuk menentukan

pengaruh penambahan mikroorganisma dan *baffle* untuk meningkatkan kinerja unit pengolahan air limbah.

## 2. METODA

Reaktor uji dan control disusun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Reaktor Uji Kolam Aerasi

Keterangan:

1: Tangki Penampung Air Limbah

R1: Reaktor Kontrol

R2-R5: Reaktor Uji

Penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Limbah cair pabrik gula diambil dari PT. PG. Candi Baru Sidoarjo yang mengolah air limbahnya dengan kolam aerasi. Efisiensi pengolahan air limbah hanya mencapai sebesar 70%. Efisiensi pengolahan diharapkan dapat meningkat dengan menambahkan INOLA-121 ataupun dengan penambahan *baffle*. Limbah diambil dari limbah pabrik gula yang sudah dipisahkan dari kandungan minyak dan mengalami proses pengendapan.

Karakteristik tersebut belum memenuhi baku mutu menurut SK Gubernur Jatim No. 45 tahun 2002, Syarat baku mutu limbah golongan III: padatan terlarut (TDS)= 4000 mg/L, TSS= 200 mg/L, BOD= 150 mg/L, COD= 300 mg/L dan pH= 6-9.

Reaktor yang digunakan adalah kolam aerasi skala laboratorium. Ukuran reaktor untuk R1 sampai R4 adalah 40 cm x 40 cm x 40 cm. Volume air limbah untuk masing-masing reaktor adalah 50 liter. Penelitian dilakukan dengan menambah mikroorganisma INOLA-121 pada R2, R3 dan R4 dan *baffle* pada reaktor R5. Reaktor *baffle* diberi tambahan sebanyak dua buah sekat, sehingga aliran *upflow* dan *downflow*. *Baffle* dipasang vertikal pada jarak 27 cm dari *inlet zone* yang dilekatkan pada dasar reaktor. *Baffle* kedua diletakkan pada jarak 54 cm dari *inlet zone* yang dilekatkan pada bagian atas reaktor, sehingga aliran dapat mengalir dari celah bagian bawah reaktor. Pipa *outlet* dipasang pada 21 cm dari dasar reaktor. Dimensi reaktor *baffle* adalah 81 cm x 40 cm x 40 cm. Konfigurasi variabel pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam penelitian ini ditetapkan variasi dosis INOLA-121 terhadap masing-masing waktu detensi (td) reaktor. Waktu detensi 1 dan 2 hari yang dipilih dalam penelitian sesuai dengan kriteria desain kolam aerasi, yaitu 1–6 hari (Randall, 1980).

Parameter uji adalah  $BOD_5^{20}$ , DO dan TSS dengan metode sesuai yang ditunjukkan dalam *Standard Method*. Sebelum reaktor uji dijalankan dilakukan *seeding*, yaitu proses adaptasi bagi mikroorganisma yang sudah terbentuk dalam lumpur limbah terhadap limbah gula yang akan menjadi nutrisinya. *Seeding* bakteri dilakukan dengan menambahkan lumpur limbah pabrik gula sebagai media tumbuh bakteri asli dengan menambahkan aerasi dan kontrol pH= 7-8,5. Jika kondisi air limbah terlalu asam ditambahkan kapur sampai pH netral kembali.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Dosis INOLA-121 (mg/L)	Baffle	Reaktor
0	tanpa	R1
5		R2
4		R3
3		R4
0	dengan	R5

Setiap hari ditambahkan larutan gula berupa nira untuk mempertahankan rasio F/M dalam reaktor uji, dimana saripati gula mengandung N dan P tinggi sebagai nutrisi bakteri. Reaktor dijalankan dalam aliran kontinu setelah kondisi *steady state* tercapai. Debit reaktor diatur sesuai yang direncanakan. Penambahan oksigen diatur dengan debit udara tertentu sehingga kondisi DO=2 mg/L tercukupi. Kondisi aerobik dipertahankan dengan penambahan aerator.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyisihan  $BOD_5^{20}$  dan penurunan nilai DO pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada Tabel 2. Penyisihan  $BOD_5^{20}$  dengan penambahan dosis INOLA-121 dapat dilihat dalam Tabel 3. Prosentase pertambahan TSS terhadap % penurunan  $BOD_5^{20}$  ditunjukkan dalam Tabel 4. Seluruh reaktor menunjukkan, pada td = 2 hari, penyisihan BOD lebih tinggi dari pada td = 1 hari. Hal ini menunjukkan bahwa waktu detensi yang lebih lama memungkinkan mikroorganisma dalam air limbah memiliki waktu lebih lama yang digunakan untuk menyesuaikan dengan lingkungan, sehingga dapat berperan aktif dalam mendegradasi bahan organik dalam air limbah. Begitupun pada td = 1 hari, penyisihan BOD meningkat 8 sampai 19,5% jika dibandingkan dengan kondisi eksisting di pabrik. Ini berarti penambahan mikroorganisma dapat mempersingkat waktu detensi, yang berarti dapat mereduksi volume reaktor.

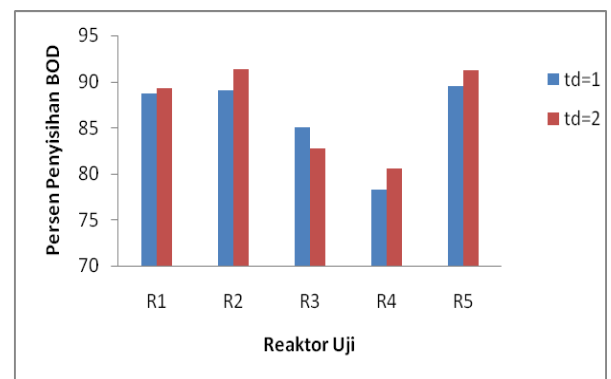
Tabel 2. Penyisihan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan penurunan nilai DO

td (hari)	R1		R2		R3		R4		R5	
	%Rem. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	DO (mg/L)	%Rem. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	DO (mg/L)	% Rem. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	DO (mg/L)	% Rem. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	DO (mg/L)	% Rem. BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	DO (mg/L)
1	60,2	4,5	78,9	4,8	53,8	4,8	76,1	4,4	53,8	5,2
	80,0	3,9	79,5	4,0	58,8	3,9	66,2	3,3	60,0	4,4
	86,7	2,2	82,9	3,5	77,2	3,0	70,4	3,2	78,5	3,1
	88,7	2,2	89,0	2,2	85,0	2,3	78,3	2,5	89,5	2,0
2	47,7	5,2	66,0	4,4	59,8	4,8	67,4	4,7	43,4	4,8
	72,4	5,1	86,6	4,3	70,6	4,0	65,0	5,0	69,0	5,2
	76,3	3,8	86,8	3,5	75,7	3,6	77,5	4,4	83,7	3,8
	89,3	3,5	91,3	3,3	82,7	3,6	80,5	3,6	91,2	3,2

Jika memilih waktu detensi satu hari, perlu diteliti kualitas flok yang terbentuk, agar dapat mengendap dengan baik. Penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> terbaik sebesar 91,2% pada R5 dibandingkan dengan penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> pada td = 1 hari sebesar 89,5%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu detensi yang lebih lama memungkinkan mikroorganisma dalam air limbah memiliki waktu lebih lama yang digunakan untuk menyesuaikan dengan lingkungan, sehingga dapat berperan aktif.

Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> yang terjadi dalam td = 2 hari adalah berada di atas 80%. Terjadi hubungan linier antara lama td dengan penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dalam reaktor, dimana semakin lama td semakin tinggi efisiensi removal BOD<sub>5</sub><sup>20</sup>, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam penelitian dihasilkan penurunan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> yang terjadi dalam td = 2 hari berada di atas range 80%. Selisih yang dicapai dalam pengurangan kandungan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dengan td = 1 hari dan td = 2 hari dihitung sebesar kurang dari 10%. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisma telah berada dalam kondisi aktif dengan kondisi F/M rasio memenuhi dalam td = 1 hari. Sehingga proses aktif mendegradasi bahan organik telah tercapai pada td = 1 hari.

Kemudian dengan td = 2 hari proses degradasi dilanjutkan hingga mencapai optimum diatas 90%. Ini berarti bahwa pada td = 1 hari mikroorganisma telah mencapai kondisi



**Gambar 2.** Hubungan td dengan Penyisihan BOD

akselerasi atau fase eksponensial, dimana terjadi pertumbuhan logaritmik. Fase logaritmik adalah fase dimana sel-sel mikroorganisma membelah diri dengan laju konstan. Pada kondisi ini mikroorganisma mengonsumsi substrat dalam laju maksimum atau kondisi puncak (Randall, 1980).

Nilai DO menjadi salah satu parameter yang berpengaruh pada kelangsungan sistem biologis secara aerobik. Penurunan kandungan BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> juga ditandai dengan penurunan konsentrasi DO. Mempertahankan DO sebesar 2 mg/l tidaklah mudah. Konsentrasi DO di bawah 2 mg/l akan memperlambat laju degradasi bahan organik (Pougatch *et al.*, 2007). Tabel 2 menunjukkan seluruh reaktor dapat mempertahankan DO sebesar 2 mg/l atau lebih. Untuk mempertahankan DO tersebut dibantu dengan aerator. Dosis INOLA-121 yang ditambahkan menunjukkan

jumlah mikroorganisma yang berada dalam reaktor. Semakin banyak mikroorganisma yang aktif berada dalam air limbah semakin cepat dan semakin besar degradasi bahan organik yang terjadi (Randall, 1980).

Penelitian menunjukkan hasil penurunan  $BOD_5^{20}$  dengan penambahan dosis INOLA-121 sebanyak 5 mg/l adalah yang terbesar yaitu 91,3%. Namun hasil ini tidak memberikan perbedaan signifikan dengan reaktor yang tanpa ditambahkan INOLA-121 di dalamnya seperti yang terlihat dalam Tabel 3. Hasil yang ditunjukkan pada R5 pada penurunan kandungan  $BOD_5^{20}$  dalam air limbah adalah sebesar 91,2%, dimana pada R5 ditambahkan *baffle*. Disini *baffle* akan memperluas bidang kontak yang terjadi antara mikroorganisma dengan nutrisi yang terkandung dalam air limbah. Sehingga mikroorganisma semakin aktif dalam mendegradasi kandungan organik dalam air limbah. Selisih prosentase penyisihan yang terjadi adalah kurang dari 10%.

Tabel 3. Penyisihan  $BOD_5^{20}$

td (hari)	Penyisihan BOD (%)		
	3 mg/l	4 mg/l	5 mg/l
1	78,3	85,0	89,0
2	80,5	82,7	91,3

Berkurangnya aktivitas mikroorganisma ditandai dengan menurunnya prosentase removal  $BOD_5^{20}$ . Hal ini disebabkan oleh dua hal, yaitu pertama mikroorganisma telah berada pada fase *decay* (kematian) karena telah maksimum memakan kandungan organik dalam air limbah. Kedua adalah karena mikroorganisma yang ditambahkan tidak dapat bersinergis dengan mikroorganisma alami yang berada dalam air limbah karena karakteristik yang berbeda. Oleh karena itu sebelum reaktor uji dioperasikan, dilakukan *seeding* terlebih dahulu sebagai proses penyesuaian mikroorganisma. Sehingga tujuan penelitian supaya prosentase kandungan organik yang maksimum yang disisihkan dapat tercapai.

Hal ini berarti efisiensi reaktor dapat tercapai dengan baik. Effluen air limbah yang diperoleh kemudian harus sesuai dengan baku mutu air limbah industri yang telah ditetapkan. Seperti telah dihasilkan dari analisa laboratorium bahwa bakteri INOLA-121 merupakan kumpulan bakteri gram negatif, berbentuk batang, dan jenis heterotrof yang mengonsumsi bahan organik sebagai sumber karbon. Hidup spesifik pada suhu antara 29 – 32°C dan pH netral. INOLA-121 juga dapat hidup pada kondisi DO minimal 2 mg/L (Bargey's, 1988). Sedangkan bakteri alamiah yang hidup pada limbah pabrik gula cenderung hidup pada pH yang rendah. Sehingga dibutuhkan adaptasi INOLA-121 dengan kondisi alamiah limbah sehingga dapat bertahan hidup dan mengonsumsi nutrisi dalam limbah.

Tabel 3 menunjukkan penambahan dosis INOLA-121 pada R3 sebanyak 4 mg/l dengan  $t_d = 2$  hari yang menghasilkan prosentase penurunan  $BOD_5^{20}$  lebih sedikit dibandingkan pada  $t_d = 1$  hari. Hal ini disebabkan kepadatan populasi mikroorganisma dalam reaktor berkurang tidak sebanding dengan nutrisi yang masuk. Sehingga perbandingan F/M tidak rasional. Hal ini terjadi karena pada  $t_d = 2$  hari bakteri telah mengalami fase kematian. Tingkat kematian bakteri menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan tingkat pertumbuhannya (Mara, 1978). Dengan berkurangnya kepadatan populasi mikroorganisma, juga berkurang kemampuannya untuk menyisihkan bahan organik. Hal ini juga ditunjukkan oleh nilai  $DO_{nya}$ .

Pada R3 dengan  $t_d = 2$  hari nilai DO tidak mengalami pengurangan sebesar pada  $t_d = 1$  hari, yang menunjukkan aktivitas mikroorganisma lebih rendah pada  $t_d = 2$  hari daripada  $t_d = 1$  hari. Penambahan *baffle* pada R5 memberikan pengaruh pada penurunan  $BOD_5^{20}$ . Besar efisiensi yang dicapai adalah 91,2%. Selisih efisiensi yang dicapai hampir sama dengan efisiensi pada reaktor tanpa *baffle* dengan penambahan dosis INOLA-121.

Hasil penyisihan  $BOD_5^{20}$  dan peningkatan TSS dapat dilihat pada Tabel 4. Pada waktu detensi 7 hari, penyisihan meningkat yakni penyisihan  $BOD_5^{20}$  maksimum dapat sedikit menjadi 91,2% dicapai sebesar 89,5% dalam waktu detensi 2 hari.

Tabel 4 Prosentase removal  $BOD_5^{20}$  dan pertambahan TSS pada R5 terhadap %

td (hari)	%Rem $BOD_5^{20}$	%TSS
1	53,8	60,3
	60,0	60,8
	78,5	61,5
	89,5	65,9
2	43,4	69,3
	69,0	67,3
	83,7	73,9
	91,2	79,4

Peningkatan TSS sebanding dengan penyisihan  $BOD_5^{20}$ . Hal ini dikarenakan bahan organik terlarut didegradasi oleh mikroorganisma, kemudian pada fase deklinasi mikroorganisma yang mati mengendap. Peningkatan TSS terbesar pada  $td = 1$  hari mencapai 65,9% daripada  $td = 2$  hari mencapai 79,4%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan, untuk pengolahan air limbah pabrik gula dengan pemanfaatan INOLA-121 cukup menggunakan  $td = 1$  hari. Peningkatan  $td$  menjadi 2 hari hanya akan menambah volume reaktor tanpa member hasil penyisihan  $BOD_5^{20}$  yang cukup signifikan atau hanya sebesar 1,7% saja.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut: Reaktor kolam aerasi tanpa menambahkan INOLA-121 cukup memberikan performa yang baik dengan prosentase penurunan  $BOD_5^{20}$  sebesar 89,3%. Penambahan variasi dosis INOLA-121 sebagai bakteri *start up* memberikan efisiensi yang baik sebesar 91,3% pada dosis

5 mg/l, dan  $td = 2$  hari. Penambahan *baffle* memberikan efisiensi penurunan  $BOD_5^{20}$  cukup signifikan sebesar 91,2%, dimana performa ini dicapai dengan selisih yang tidak signifikan terhadap reaktor yang ditambahkan INOLA-121.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adeoye, P.A. (2009). Evaluation of the Effectiveness of Aerated Lagoon Treatment Methods on Flushed Poultry Waste. *AU J.T.* 13. 57-60.
- Bergey's (1988). Manual of Determination Microbiology.
- Horan, N.J. (1990). Biological Wastewater Treatment System (Theory and Operation). John Willey and Sons, Inc., Chicester.
- Kolhe, A.S., S.R. Ingale, A.G. Sarode (2002). Physico-Chemical Analysis of Sugar Mill Effluents. *International Research Journal.* 307-311.
- Mara, D. (1978). Sewage Treatment in Hot Climate. *John Willey and Sons, Inc.,* Chicester.
- Memon, A.R., S.A. Soomro, dan A.K. Ansari (2006). Sugar Industry Effluent-Characteristics and Chemical Analysis. *J. App. Env. Sc.* 1. 152-157.
- Montalco S., L.E. Guerrero, R. Rivera Borja, A. Chica, dan A. Martin (2010). Kinetic evaluation and performance of pilot scale fed-batch aerated lagoon treating winery wastewater, *Bioresources Technology.* 101. 3452-3456.
- Pougatch K., M. Salcudean, I. Gartshore, dan P. Pacoria (2007). Computational modeling of large aerated lagoon hydraulics, *Water Research.* 41. 2109-2116.

Randall, C. W., dan L.D. Benefield (1980).  
Biological Process Design for Wastewater  
Treatment. Prantice Hall Inc. New Jersey.

Reynold, T.D. (1982). Unit Operation and  
Process in Environmental Engineering.  
Brook/Cole Engineering Division  
Menteny. California.