

**H. Mulyani,  
S. B. Sasongko,  
D. Soetrisnanto**

Magister Teknik Kimia  
Universitas Diponegoro  
Semarang  
Jl Prof Sudarto SH Tembalang

## **PENGARUH PREKLORINASI TERHADAP PROSES START UP PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA SISTEM ANAEROBIC BAFFLED REACTOR**

*Tingginya kandungan sianida dalam limbah cair tapioka ditengarai dapat menjadi inhibitor bagi proses pengolahan biologi. Keberadaan sianida dapat mengakibatkan lebih lamanya waktu start up diperlukan untuk memperoleh kultur bakteri dalam reaktor anaerob yang dapat bekerja stabil menurunkan kadar polutan dan memperlambat proses dekomposisi senyawa organik. Kajian mengenai pengaruh preklorinasi fresh feed terhadap proses start up operasi Anaerobic Baffled Reactor 2 baffle perlu dilakukan. Penelitian ini terbagi menjadi 3 tahapan utama yaitu inokulasi benih lumpur, preklorinasi fresh feed dan operasi start up secara batch sampai tercapai kadar COD efluen yang stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair tapioka dengan COD influen 8000 mg/L dan pH 4,84 memerlukan 9 hari start up dengan COD efluen 954 mg/L. Peningkatan pH influen menjadi 8 mampu menghasilkan kadar COD efluen 347 mg/L dalam 6 hari start up. Preklorinasi terhadap fresh feed dengan penambahan kalsium hipoklorit berdasar perbandingan rasio mol klor dan sianida sebesar 1:1 dapat mengurangi waktu start up hingga hanya menjadi 5 hari dan menurunkan COD efluen hingga mencapai kadar 230 mg/L.*

**Kata kunci: Tapioca wastewater; Anaerobic Baffled Reactor; start up; prechlorination**

### **PENDAHULUAN**

Air limbah proses ekstraksi pati industri tapioka mengandung 5000-20000 mg/L *Biological Oxygen Demand* (BOD) terlarut (Sofyan dkk., 1994) dengan rasio BOD/COD 0,6-0,8 (Seejuhn, 2002). Kadar sianida (CN<sup>-</sup>) 10-40 mg/L juga dapat dihasilkan industri tapioka berkapasitas produksi 400 ton ubi kayu (Mai, 2006).

Sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan suatu metode anaerob laju tinggi yang efektif digunakan sebagai pengolahan pendahuluan air limbah berkadar BOD dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) tinggi dengan adanya rangkaian *baffle* vertikal yang dapat memaksa terjadinya kontak antara limbah dan biomass aktif dan mengurangi kemungkinan *wash out* (Movahedian et al., 2007; Seejuhn, 2002). Namun, kelemahan umum metode anaerob yaitu lambatnya laju pertumbuhan mikroorganisme (Ahmad dkk., 2000) akibat tingginya sensitivitas bakteri terhadap senyawa toksik yang dapat berakibat pada lamanya waktu *start up* (Seghezzi, 2004) masih dapat ditemui. Laju hidrolisis pun dapat menurun dengan bertambahnya kadar sianida influen (Mai, 2006).

Untuk mengatasi kelemahan sistem, usaha perbaikan performa *start up* merupakan hal krusial yang harus dilakukan (Ahmad dkk., 2000). Ini diperlukan sebab keberhasilan bioreaktor anaerob

menurunkan kadar polutan limbah cair akan tergantung kepada kemampuan proses *start up* untuk mengembangbiakkan kultur mikroorganisme stabil yang mampu mengolah suatu karakter air limbah dengan baik (Bell et al., 2000). Hal yang perlu diperhatikan dalam proses *start up* sistem anaerob adalah bahwa keberadaan senyawa toksik dalam limbah dapat mengakibatkan tidak tercapainya fase stasioner (Olafadehan and Alabi, 2009) dan melambatnya penguraian organik (Foxon et al., 2007).

Kajian mengenai penurunan kadar CN<sup>-</sup> limbah cair tapioka telah banyak dilakukan. Riyanti dkk. (2010) menyebutkan bahwa klorinasi dengan dosis 5 mg Ca(OCl)<sub>2</sub> tiap 100 ml limbah pada kondisi terbaik yaitu pH 8 dan waktu kontak 1 jam dapat menghilangkan 89 % kadar COD dan menurunkan kadar sianida dari 51,77 mg/L menjadi 30,08 mg/L. Sementara Muktasibillah (1997) menyatakan bahwa klorinasi dengan dosis 20 mg/L klor (Cl<sub>2</sub>) pada pH 8 dapat menurunkan kadar CN<sup>-</sup> dari 2,48 mg/L menjadi 0,22 mg/L. Namun, pengaruh penurunan kadar CN<sup>-</sup> terhadap pengolahan sistem ABR belum pernah dikaji.

Kajian lebih lanjut mengenai pengaruh preklorinasi *fresh feed* terhadap proses *start up* dan kualitas efluen pengolahan limbah cair tapioka sistem ABR perlu dilakukan. Dengan adanya

proses penurunan kadar  $CN^-$  sebelum limbah diproses dalam pengolahan biologi, diharapkan aktivitas mikroba dalam menurunkan kadar polutan menjadi lebih cepat. Penelitian ini bertujuan membahas pengaruh kadar  $CN^-$  influen terhadap proses *start up* khususnya mengenai waktu yang diperlukan untuk memperoleh kadar COD stabil dan kualitas efluen yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian terdiri dari tahapan preklorinasi influen, inokulasi dan *start up batch* sampai diperoleh kondisi *steady state*. Limbah cair penelitian diambil dari cairan di atas pasta pati hasil pengendapan 12 jam campuran bubur ubi kayu dan air dengan perbandingan rasio 25 liter air per kg ubi kayu bahan baku salah satu industri tapioka di Pati yang limbahnya diambil untuk dianalisa kadarnya.

Analisa kualitas limbah dilakukan setiap awal pengoperasian pengolahan air limbah untuk dapat menjamin kualitas awal limbah yang akan diolah selalu bernilai sama.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair tapioka sintesis

Karakter	Limbah cair industri tapioka	Limbah cair tapioka sintesis
COD	7867 mg/L	8000 mg/L
BOD	3870 mg/L	3976 mg/L
TSS	1200 mg/L	1330 mg/L
pH	4,76	4,84
Sianida	51,2 mg/L	56,7 mg/L

Reaktor ABR yang digunakan dalam penelitian berupa bak ABR 2 *baffle* yang terbuat dari *plexy glass* dengan ukuran 80 cm x 40 cm x 25 cm seperti terlihat di Gambar 1.



Gambar 1. Bak ABR

Influen limbah diatur pada variasi kondisi meliputi *fresh feed* limbah cair tapioka sintesis, *fresh feed* yang diatur pH-nya pada nilai 8 serta *fresh feed* yang sudah mengalami preklorinasi pada pH 8 dan dosis kaporit berdasar perbandingan rasio mol sianida:klor 1:1.

Inokulasi dilakukan dengan memasukkan lumpur IPAL industri tahu sistem ABR di daerah Lamper, Semarang sampai 1/3 volume kerja ABR dilanjutkan penambahan limbah hingga mencapai 80 L.

Tabel 2. Karakteristik benih lumpur

Karakter	Nilai
VSS	9450 mg/L
TSS	14530 mg/L

Proses *start up batch* dilakukan sampai tercapai *steady state* yang ditandai dengan stabilnya nilai COD dan MLSS efluen (Bagus, 2008). Pengambilan sampel dilakukan tiap interval 1 hari untuk analisa kadar COD dan MLSS. Sementara analisa kadar pH, BOD, TSS dan sianida hanya dilakukan pada *fresh feed* influen pengolahan dan efluen setelah tercapai kondisi stabil. Untuk mencapai keakuratan hasil analisa, total sampel yang diambil tidak boleh melebihi 5 % volume kerja reaktor.

Sampel untuk analisa COD, BOD, *Total Suspended Solid* (TSS), pH dan  $CN^-$  merupakan cairan yang terdapat dalam reaktor yang diambil dari tiap kompartemen dengan volume sama. Sementara hasil pengadukan campuran cairan-lumpur pada tiap kompartemen dengan motor pengaduk sampai diperoleh suspensi yang tercampur sempurna akan diambil dari tiap kompartemen ABR dengan volume yang sama untuk sampel *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Influen

Perbandingan kualitas influen pengolahan secara ringkas ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan karakteristik influen limbah

Parameter	pH 4,84	pH 8	Preklorinasi pH = 8
TSS (mg/L)	1330	359	268
BOD (mg/L)	3976	2199	878
COD (mg/L)	8000	3410	1332
BOD/COD	0,497	0,644	0,659
Sianida (mg/L)	56,7	44,38	2,4

Tabel 3 menunjukkan bahwa proses peningkatan pH dapat menghasilkan penurunan kadar polutan. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya reaksi presipitasi antara partikel  $Ca(OH)_2$  dan limbah yang akan membentuk partikel dengan densitas lebih besar dibandingkan komponen penyusunnya sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan kadar polutan tersuspensi (Sundstrom and Klei, 1979; Leentvaar and Rebhun, 1987). Ini senada Armenante (1997) yang

menyatakan bahwa efektifitas presipitasi meningkat dengan naiknya pH sampai level  $\leq 10$ . Presipitasi kimia tercatat dapat menghilangkan 80-90 % TSS dan 50-80 % BOD (Tchobanoglous et al., 2003). Sebagian kadar COD juga dapat hilang pada proses pengendapan TSS akibat proses presipitasi (Zaher, 2005). Sementara hasil penelitian Leentvaar and Rebhun (1987) menyebutkan bahwa proses presipitasi akibat penambahan larutan kapur dapat menurunkan 45 % COD.

Kenaikan pH juga terbukti dalam penelitian ini mampu meningkatkan rasio BOD/COD limbah. Ini diduga dapat terjadi karena proses peningkatan pH dapat mengendapkan senyawa yang teroksidasi dalam analisa COD. Peningkatan rasio BOD/COD tersebut menunjukkan makin tingginya tingkat biodegradabilitas limbah karena nilai rasio BOD/COD yang rendah mengindikasikan banyaknya senyawa organik yang sulit terbiodegradasi (Budhi dkk., 1999). Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena proses peningkatan pH dapat membuat lemak, salah satu komponen COD dalam limbah cair tapioka, berada dalam kondisi terlarut sehingga bersifat lebih mudah dibiodegradasi (Zaher, 2005).

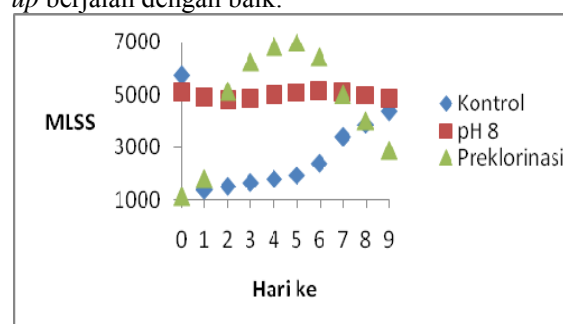
Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa preklorinasi mengakibatkan penurunan kadar polutan terbesar. Penurunan COD dan BOD disebabkan karena ketika klorin ditambahkan dalam air limbah, ia pertama kali akan bereaksi dengan dengan senyawa yang mudah teroksidasi (Sundstrom and Klei, 1979) seperti molekul organik dengan produk akhir berupa  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Tchobanoglous et al., 2003) sehingga akan menyebabkan terjadinya penurunan drastis terhadap kadar COD. Hal ini senada dengan penelitian Riyanti dkk. (2010) yang menyatakan bahwa penambahan 50 mg/L  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  pada kondisi pH 8 dapat menurunkan kadar COD sebesar 89,02 %.

Penambahan senyawa oksidator kuat dapat membuat selulosa menjadi lebih mudah untuk dilarutkan pada proses hidrolisa enzimatik sehingga dapat meningkatkan kenaikan tingkat biodegradabilitas dalam proses *anaerobic digestion*. Tingkat konversi selulosa dapat lebih ditingkatkan dengan kombinasi perlakuan penambahan oksidator dan larutan basa (Taherzadeh and Karimi, 2008). Penurunan kadar COD drastis selanjutnya dapat mengakibatkan preklorinasi limbah menghasilkan influen dengan tingkat biodegradabilitas tertinggi.

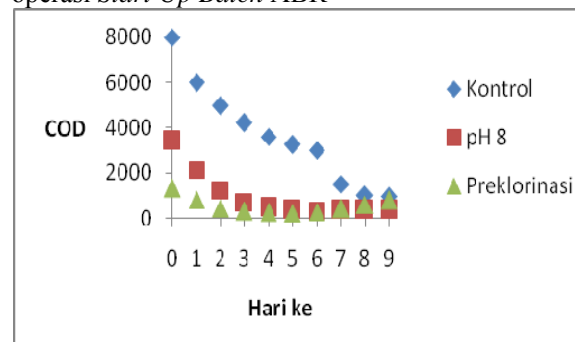
Penurunan kadar  $\text{CN}^-$  akibat proses preklorinasi dapat terjadi karena adanya oksidasi sianida menjadi tiosianat. Peningkatan konsumsi klor dengan adanya oksidasi ammonia ( $\text{NH}_3$ ) (Botz, 2002) diduga menjadi penyebab tersisanya kadar  $\text{CN}^-$  limbah yang telah diklorinasi.

### Proses Start Up Batch

Perbandingan profil MLSS dan COD selama proses *start up* seperti tersaji di Gambar 2 dan 3 menunjukkan terjadinya pertambahan massa mikroorganisme (MLSS) yang diiringi reduksi COD. Hal tersebut mengindikasikan proses *start up* berjalan dengan baik.



Gambar 2. Profil MLSS limbah cair tapioka operasi *Start Up Batch* ABR



Gambar 3. Profil COD limbah cair tapioka operasi *start up batch* ABR

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan waktu *start up* dapat meningkatkan kadar MLSS. Ini sesuai dengan Pillay et al. (2006) dan Schuner and Jarvis (2009) yang menyatakan bahwa kestabilan lumpur anaerob dapat meningkat dengan memperpanjang waktu kontak lumpur dan air limbah sehingga dihasilkan laju pertumbuhan bakteri yang cukup untuk menghilangkan polutan.

Penurunan kadar MLSS awal *start up* mengindikasikan lumpur belum dapat beradaptasi dengan limbah dan adanya kematian mikroorganisme yang tak dapat bertahan tumbuh di lingkungan baru. Schuner and Jarvis (2009) menyebutkan bahwa mikroorganisme pada inokulum memerlukan waktu adaptasi dengan

substrat. Tingginya kadar TSS limbah juga dapat memicu penurunan drastis kadar MLSS awal *start up*. Mai (2006) menyatakan bahwa akumulasi TSS pada lapisan lumpur dapat mengakibatkan penurunan aktivitas metanogenik.

Sementara Gambar 3 menunjukkan proses *start up* dapat menurunkan kadar COD efluen dengan kadar makin rendah seiring penambahan waktu tinggal limbah. Penurunan kadar COD dalam hal ini dapat terjadi dengan terkonversinya senyawa organik menjadi gas H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> dan CH<sub>4</sub> (Budhi dkk., 1999). Selanjutnya, peningkatan waktu kontak dapat mengakibatkan biodegradasi organik berlangsung lebih lama sehingga kadar COD makin rendah (Munazah dan Soewondo, 2008).

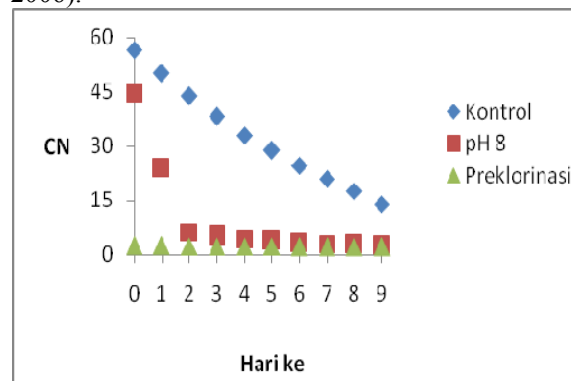
Peningkatan kadar MLSS dan penurunan kadar polutan influen dengan adanya peningkatan pH diindikasikan mengakibatkan lebih besarnya penurunan kadar COD dan makin singkatnya waktu *start up*. Hal ini disebabkan interaksi kandungan mikroorganisme yang tinggi dalam flok lumpur dan air limbah menyebabkan mikroorganisme bekerja menurunkan kadar polutan lebih besar dalam waktu makin singkat (Li et al., 2007). Waktu *start up* lebih rendah dapat diperoleh bila air limbah rendah kandungan organik (Alkarimiah et al., 2011). Penurunan kadar COD juga menjadi makin kecil jika kadar COD influen naik (Ferraz et al., 2009).

Namun, kadar COD dapat naik setelah mencapai nilai minimum seiring dengan turunnya kadar MLSS seperti terlihat di Gambar 2 dan 3. Ini mengindikasikan kematian mikroorganisme dengan laju lebih tinggi dibandingkan pertumbuhannya. Mikroorganisme mati selanjutnya dapat mengalami lisis sehingga nilai COD larutan menjadi naik (Budhi dkk., 1999).

Profil MLSS Gambar 2 juga menunjukkan bahwa preklorinasi influen menghasilkan pertumbuhan mikroorganisme lebih besar dalam reaktor anaerob ABR dibandingkan yang terjadi pada proses *start up* dengan adanya pengaturan pH influen. Fenomena tersebut diindikasikan disebabkan rendahnya kadar senyawa inhibitor sianida seperti dapat dilihat di Gambar 4 karena peningkatan aktivitas dan laju pertumbuhan bakteri seiring penurunan kadar sianida limbah (Grobicki and Stuckey, 1990; Hooi, 2009).

Besarnya pertumbuhan mikroorganisme juga ditengarai menjadi penyebab makin singkatnya waktu diperlukan untuk mencapai kadar COD minimal seperti terlihat di Gambar 3. Fenomena tersebut dapat terjadi karena waktu *lag phase*

proses *anaerobic digestion* limbah cair tapioka akan makin lama jika kadar sianida influen lebih besar akibat adanya penurunan laju hidrolisa senyawa organik kompleks dan asidifikasi monomer produk tahapan hidrolisa menjadi asam volatil substrat bakteri metanogenesis (Mai, 2006). Perbaikan laju hidrolisa juga terbukti menjadi faktor penentu yang dapat meningkatkan besarnya laju penurunan COD sistem anaerob (Foxon et al., 2006).



Gambar 4. Profil CN limbah cair tapioka operasi *start up batch* ABR

Meskipun sianida bersifat toksis, namun kadarnya dapat diturunkan dalam pengolahan sistem ABR dengan profil penurunan tersaji di Gambar 4. Hal ini terjadi karena ada beberapa jenis mikroba yang mampu membiodegradasi sianida menjadi amonia (Naveen et al., 2011).

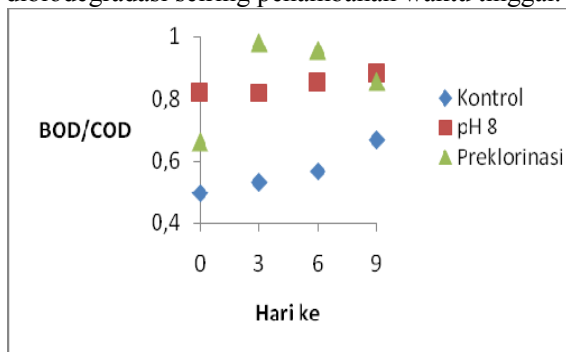
Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan pH influen menyebabkan makin besarnya penurunan sianida. Ini senada dengan Panos and Bellini (1999) yang menyatakan bahwa kecepatan biodegradasi sianida menjadi meningkat dengan peningkatan pH sampai level 9. Namun, Gambar 4 juga menunjukkan bahwa laju penurunan sianida dapat berkurang dengan bertambahnya waktu tinggal. Penurunan laju tersebut diiringi penurunan kadar MLSS serta peningkatan kadar COD limbah. Hal tersebut mengindikasikan keberadaan CN<sup>-</sup> dapat mencegah terjadinya konversi asam asetat menjadi metana (Marmara, 2012) penyebab timbulnya akumulasi asam volatil pemicu penurunan pH yang dapat berakibat lanjut pada kematian mikroorganisme dan naiknya COD.

Penelitian ini juga menyatakan bahwa proses anaerob dapat meningkatkan biodegradabilitas limbah yang terlihat dalam Gambar 5 dengan peningkatan rasio BOD/COD seiring penambahan waktu tinggal limbah. Hal tersebut diduga disebabkan terjadinya proses hidrolisa pemecahan senyawa organik kompleks menjadi monomernya

pada awal proses *anaerobic digestion* membuat senyawa organik makin mudah didegradasi (Schuner and Jarvis, 2009). Hal ini disebabkan molekul berukuran besar tak dapat langsung digunakan bakteri anaerob (Mtembu, 2005).

Biodegradabilitas limbah selama proses pengolahan anaerob juga menjadi meningkat dengan adanya kenaikan pH influen seperti terlihat dalam Gambar 6. Hal ini disebabkan laju hidrolisis yang berpengaruh pada kemampuan degradasi senyawa organik merupakan fungsi pH dan akan menurun seiring bertambahnya kadar sianida influen (Molipane et al., 2000; Mai, 2006). Penurunan kandungan senyawa tersuspensi yang terjadi dengan adanya peningkatan pH influen diduga dapat meningkatkan laju hidrolisis karena partikel tersuspensi tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh bakteri anaerob (Mtembu, 2005).

Preklorinasi influen juga dapat meningkatkan rasio BOD/COD yang merupakan indikasi kenaikan tingkat biodegradabilitas anaerob limbah seperti terlihat di Gambar 5. Penambahan oksidator kuat kaporit akan dapat mengoksidasi senyawa organik kompleks sehingga dapat menurunkan drastis kadar COD yang berakibat pada naiknya rasio BOD/COD. Selain itu, rendahnya kadar sianida influen akibat preklorinasi mengakibatkan peningkatan laju hidrolisis senyawa organik kompleks sehingga limbah menjadi makin mudah dibiodegradasi seiring penambahan waktu tinggal.



Gambar 5. Profil rasio BOD/COD limbah cair tapioka operasi *start up batch* ABR

### Kualitas Efluen

Tabel 4 menunjukkan bahwa efluen limbah cair tapioka metode ABR dengan dan tanpa pengaturan pH influen belum memenuhi baku mutu KEPMENLH No 51/MENLH/10/1995 sehingga masih diperlukan proses lain sebelum dibuang ke badan air. Perbaikan kualitas efluen dapat dihasilkan dengan melakukan preklorinasi influen limbah cair tapioka sistem ABR. Kadar

BOD dan COD efluen pengolahan limbah cair tapioka dengan adanya proses preklorinasi influen yang dihasilkan menjadi dapat memenuhi baku mutu lingkungan.

Tabel 4. Karakteristik efluen pengolahan limbah cair tapioka sistem ABR (Kementerian Lingkungan Hidup, 1995)

Parameter	Kontrol (pH = 4,84)	pH = 8	Preklorinasi	Baku mutu
Waktu start up	9 hari	6 hari	5 hari	
pH	7,79	7,61	7,28	6-9
TSS (mg/L)	932	303	224	150
BOD (mg/L)	637	304	219	200
COD (mg/L)	954	347	230	400
BOD/COD	0,668	0,876	0,952	
Sianida (mg/L)	14	3,07	2,3	0,5

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan pH influen dapat mengakibatkan makin besarnya penurunan kadar polutan pada pengolahan anaerob. Rendahnya kadar organik influen akibat peningkatan pH influen dapat memudahkan kerja mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik dengan berkurangnya akumulasi asam lemak volatil yang dapat menghambat aktivitas bakteri (Li et al., 2007). Sementara penurunan kadar CN<sup>-</sup> influen yang terjadi dengan adanya preklorinasi limbah juga dapat diindikasikan menjadi penyebab menurunnya waktu *start up* dan kadar COD efluen. Hal tersebut disebabkan tingginya kadar toksis influen membuat adaptasi mikroorganisme berlangsung lebih lama (Schuner and Jarvis, 2009). Gijzen et al., (1999) menyatakan bahwa penambahan 5 mg/L CN<sup>-</sup> menyebabkan penurunan konversi COD dari kisaran 60-85 % hingga 10 %.

### KESIMPULAN DAN SARAN

*Pre treatment* peningkatan pH dan preklorinasi limbah cair tapioka dapat menurunkan kadar polutan (TSS, sianida, BOD dan COD) dan meningkatkan tingkat biodegradabilitas limbah yang selanjutnya mengakibatkan penurunan waktu *start up* diperlukan untuk memperoleh kualitas efluen stabil dan peningkatan besarnya penghilangan kadar polutan dalam pengolahan metode ABR.

Perbaikan kualitas efluen dan reduksi waktu *start up* dapat dilakukan dengan perlakuan preklorinasi influen limbah cair tapioka sistem ABR.

Aplikasi preklorinasi dan pengaturan pH limbah cair tapioka influen pengolahan sistem ABR sebaiknya diujicobakan dalam skala lapangan

sebagai salah satu alternatif rekomendasi desain untuk menghemat biaya pengolahan diperlukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad A., T. Setiadi, M. Syafila, O.B. Liang (2000). Rioreaktor Berpenyekat Anaerob Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Yang Mengandung Minyak Dan Lemak. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. 26-27 Juli 2000. Universitas Diponegoro: 1-8.
- Alkarimiah, R., S.B. Mahat, A. Yuzir, M.F. Din and S. Chelliapan (2011). Operational Start-Up Performance of an Innovative Anaerobic Stage Reactor (ASR) using Synthetic Wastewater. *International Conference on Environment and Industrial Innovation*. September 10-11. Singapore: IACSIT Press, 133-137.
- Armenante, P.M. (1997). Precipitation of Heavy Metals from Wastewaters. Accessed 22 January 2012.
- Bell, J., P. Dama, C. Buckley, D. Stuckey and E. Senior (2000). Pre Scale-Up Laboratory Investigation of the Anaerobic Baffled Reactor. *WISA 2000 Biennial Conference*. 28 May – 1 June 2000. South Africa: 1-11.
- Botz, M.M. (2002). *Overview of Cyanide Treatment Methods*, England: Elbow Creek Engineering Inc.
- Budhi, Y.B., T. Setiadi dan B. Harimurti (1999). Peningkatan Biodegradabilitas Limbah Cair Printing Industri Tekstil Secara Anaerob, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo*, 19-20 Oktober 1999, Institut Teknologi Bandung, p. 157-164.
- Ferraz, F.M., A.T. Bruni and V.L.D. Bianchi (2009). Performance of an ABR in Treatment of Cassava Wastewater. *Brazilian Journal of Microbiology* 40: 48-53.
- Foxon, K.M. C.J. Brouckaert and C.A. Buckley (2007). *Anaerobic Digestion of Domestic Wastewater: The Role of Microbial Selection Pressure in the Rate and Extent of Digestion*. Pollution Research Group, School of Chemical Engineering, University of KwaZulu-Natal.
- Foxon, K.M., C.A. Buckley, C.J. Brouckaert, P. Dama, Z. Mtembu, N. Rodda, M. Smith, S. Pillay, N. Arjun, T. Lalbahadur and F. Bux (2006). *The Evaluation of the Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri-Urban Settlements*. Durban: Report to the Water Research Commission.
- Gijzen H.J., E. Bernal, H. Ferrer (2000). Cyanide Toxicity and Cyanide Degradation in Anaerobic Wastewater Treatment *Wat. Res.* 34( 9): 2447-2454.
- Grobicki A., D.C. Stuckey (1990). Performance of the Anaerobic Baffled Reactor Under Steady-State and Shock Loading Conditions. *Biotechnology and Bioengineering* 37: 344-355
- Hooi, K.B. (2009). Treatment of Wastewater Containing Cyanide using Locally Isolated Bacteria with Immobilized onto Bioparticles. Universiti Teknologi Malaysia: Master Thesis.
- Kementerian Lingkungan Hidup (1995). Salinan KEPMENLH No 51/MENLH/10/1995.
- Leentvaar J. and M. Rebhun (1987). Effect of Magnesium and Calcium Precipitation on Coagulation-Flocculation with Lime. *Water Res.* 16: 662-665.
- Li, J., B. Li, G. Zhu, N. Ren, L. Bo and J. He (2007). Hydrogen Production From Diluted Molasses by Anaerobic Hydrogen Producing Bacteria in an ABR. *International Journal of Hydrogen Energy* 32: 3274–3283.
- Mai, H.N.P. (2006). *Integrated Treatment of Tapioca Processing Industrial Wastewater*. Wageningen University: Ph.D Thesis.
- Marmara. (2012). Toxic Substances in Anaerobic Digestion. Accessed 22 January 2012.
- Molipane, N.P., W. Jones and P.D. Rose (2000). Hydrolysis and Enzyme Characterization of Sewage Sludge as a Carbon Source for Acid Mine Drainage Wastewater Treatment. *WISA 2000 Biennial Conference, Sun City, South Africa, 28 May to 1 June 2000*.
- Movahedyan, H., A. Assadi and A. Parvaresh (2007). Performance Evaluation of ABR Treating Wheat Flour Starch Industry Wastewater. *Iran J. Environ. Health Sci. Eng.* 4 (2): 77-84.
- Mtembu, D.Z. (2005). The Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri Urban Settlements. University of Kwazulu-Natal: Master Thesis.
- Muktasimbillah, M. (1997). *Studi Penurunan Kadar Sianida Pada Air Limbah Tapioka Dengan Pengolahan*. Universitas Diponegoro: Skripsi.
- Munazah, A.R. dan P. Soewondo (2008). *Penyisihan Organik Melalui Dua Tahap Pengolahan Dengan Modifikasi ABR dan Constructed Wetland Pada Industri Rumah Tangga*. Institut Teknologi Bandung: Tesis.

- Naveen, D., C.B. Majumder, P. Mondal and D. Shubha (2011). Biological Treatment of Cyanide Containing Wastewater. *Research Journal of Chemical Sciences* 1(7): 15-21.
- Olafadehan, O.A. and A.T. Alabi (2009). Modelling and Simulation of Methanogenic Phase of an Anaerobic Digester. *Journal of Engineering Research* 13(2): 1-16.
- Panos N.H. and M.R. Bellini (1999). Microbial Degradation of Cyanides. *Mine, Water and Environment*: 201-206.
- Pillay, S., K. Foxon, N. Rodda, M.T. Smith and C.A. Buckley (2006). *Microbiological Studies of an Anaerobic Baffled Reactor*. South African National Research Foundation, University of KwaZulu-Natal.
- Riyanti, F., P. Lukitowati dan trectAfriLianna (2010). Proses Klorinasi Untuk Menurunkan Kandungan Sianida dan Nilai KOK Pada Limbah Cair Tepung Tapioka. *Jurnal Penelitian Sains* 13(3): 34-39.
- Schnurer, A. and A. Jarvis (2009). *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. [www.avfallsverige.se](http://www.avfallsverige.se). Accessed 28 July 2011.
- Seejuhn, R. (2002). *Waste Audit in a Tapioca Starch Milk Processing Factory*. Asian Institute of Technology: Master Thesis.
- Seghezze, L. (2004). *Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater in Subtropical Regions*. Wageningen University: Ph.D Thesis.
- Sofyan, Kamsina dan Salmariza (1994). Pengaruh Waktu Tinggal dan Waktu Aerasi Terhadap Penurunan Bahan Pencemar Dalam Limbah Cair Industri Tapioka. *Disk JI IV*: 15-22.
- Sundstrom, D.W. and H.E. Klei (1979). *Wastewater Treatment*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.
- Taherzede, M.J. and K. Karimi (2008). Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 9, 1621-1651.
- Tchobanoglous, G., F.L. Burton and H.D. Stensel (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. third edition. China: Mc Graw Hill Inc.
- Zaher, U.E.S. ( 2005). *Modelling and Monitoring the Anaerobic Digestion Process in View of Optimisation and Smooth Operation of WWTP's*. Ghent University: P.hD Thesis.