

EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK DI KOTA CIREBON TERHADAP PENURUNAN PENCEMAR ORGANIK DAN *E-COLI*

Samina⁽¹⁾, Onny Setiani^(1,2), Purwanto^(1,3)

⁽¹⁾ Program Magister Ilmu Lingkungan UNDIP, Jl. Imam Bardjo No. 5 Semarang,

Email: saminamulawarman@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengelolaan air limbah domestik di Kota Cirebon dari rumah tangga, perkantoran dialirkan melalui sistem perpipaan ke 4 lokasi instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Kondisi keempat IPAL terlihat kurang terawat dan operasional pompa tidak kontinyu. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas IPAL secara keseluruhan maupun pada masing-masing unit, dan kendala yang dihadapi.

Lokasi penelitian efektivitas IPAL, pengoperasian dan kualitas air inlet dan outlet dari IPAL. Dalam penelitian ini dibatasi pada 2 (dua) IPAL; yaitu: IPAL Kesenden dan IPAL Perumnas Selatan. Pemeriksaan kualitas air terbatas pada parameter BOD, COD, dan Bakteri E-coli. Alat yang digunakan untuk melakukan pemeriksaan kualitas air menggunakan alat yang ada pada laboratorium, sedangkan analisa data dengan cara analisa perbandingan antara kualitas air sebelum diolah dan setelah diolah dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku.

Sistem pengolahan pada IPAL dengan kolam oksidasi yang terdiri dari kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi. Dari hasil penelitian, pembahasan dan analisis serta merujuk pada tujuan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa: telah terjadi pendangkalan di kedua IPAL, masih ada kapasitas tidak terpakai (idle capacity), penurunan BOD sangat signifikan tetapi masih di atas ambang batas, penurunan COD sangat signifikan dan sudah di bawah ambang batas, efektivitas penurunan BOD dan COD baik pada setiap kolam maupun secara keseluruhan cukup tinggi, efektivitas pengolahan secara keseluruhan pada IPAL Perumnas Selatan lebih tinggi dari pada IPAL Kesenden, dan operasional kedua IPAL belum optimal yang disebabkan oleh adanya beberapa pompa yang rusak, kurangnya pengamanan terhadap IPAL, dan masih sedikitnya pelanggan air limbah.

Optimalisasi kedua IPAL tersebut direkomendasikan dilakukan pengerukan dasar kolam secara berkala, peningkatan jumlah pelanggan air limbah rumah tangga dengan promosi kesehatan dan penambahan saluran air limbah, pengamanan lokasi IPAL, pembersihan eceng gondok, penanganan kolam yang bocor, dan meningkatkan kualitas operasional IPAL dan anggaran pada pengelolaan air limbah secara umum di Kota Cirebon.

Kata Kunci: *Efektivitas IPAL, air limbah domestik, Kota Cirebon*

ABSTRACT

Domestic wastewater from households and offices in the city of Cirebon flows through the piping system to four (4) locations of the wastewater treatment plant (IPAL). The conditions of 4 (four) IPALs seem to get less maintenance and pump operation is not continuous. This study aims to determine the effectiveness of the IPALs in whole or in each unit, and the obstacles encountered.

The scope of the study covers the effectiveness of the IPAL, the operation and the quality of the water inlet and outlet at the IPAL. The study is limited to 2 (two) IPALs, i.e the IPAL at Kesenden and the one at Perumnas Selatan. The examination of water quality is limited to the parameters BOD, COD, and E-coli bacteria. The tools used to conduct the examination of water quality uses the existing tools in the laboratory, while the data are analyzed by calculating the ratio between water quality before and after processing compared to the applicable standard.

Processing system at the IPALs with oxidation pond consists of anaerobic, facultative, and maturation ponds. From the research, discussion and analysis as well as referring to the purpose of the study, it is concluded that (1) there has been silting in the 2 (two) IPALs, (2) there is still unused

capacity (idle capacity), (3) a significant reduction in BOD but still slightly above the upper threshold, (4) a significant decrease in COD and is below the threshold, (5) the effectiveness of both BOD and COD reduction at each pool as well as a whole is quite high, (6) the effectiveness of the overall processing IPAL of Perumnas Selatan higher than that of Kesenden IPAL, and operations into 2 (two) IPALs is not optimal due to the presence of some faulty pump, lack of safeguards against IPAL, and too few wastewater customers.

Optimization of the 2 (two) IPAL is recommended for periodic dredging of the pond, increasing the number of customers for domestic wastewater with health promotion and the addition of sewer, IPAL site security, cleaning water hyacinth, pool leak handling, and improve operational quality of IPAL and the increased budget on waste water management in general in the city of Cirebon.

Keywords: effectiveness of the IPAL, domestic wastewater, City of Cirebon.

PENDAHULUAN

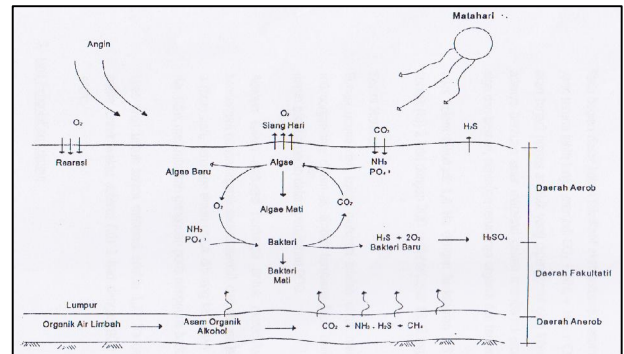
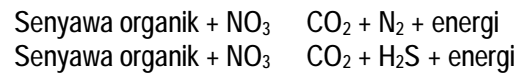
Pengelolaan limbah domestik di Kota Cirebon dari rumah tangga, perkantoran dialirkan melalui sistem perpipaan ke 4 lokasi instalasi pengolahan limbah (IPAL). Kondisi keempat IPAL terlihat kurang terawat, yang mana ada yang dipenuhi tanaman eceng gondok pada kolam anaerobik, sisten pemompaan tidak teratur, keamanan lokasi kurang terjamin sehingga banyak penduduk yang masuk ke lokasi, adanya penyadapan air untuk keperluan perikanan dan masih banyak permasalahan yang lain.

Melihat kenyataan di atas, maka dipandang perlu untuk dilakukan suatu evaluasi terhadap efektivitas kinerja IPAL tersebut, untuk kemudian mendapatkan gambaran nyata mengenai kondisi yang terjadi di lapangan saat ini, efektivitas unit-unit pengolahan (baik pada kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi) apakah masih sesuai dengan kriteria desain dan apakah efluent sudah memenuhi baku mutu air limbah, merumuskan rekomendasi yang lebih efektif untuk penyempurnaan dan peningkatan kinerja masing-masing, serta usulan konsep pengembangan pelayanan yang sesuai dengan kapasitas IPAL yang ada.

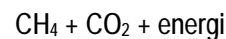
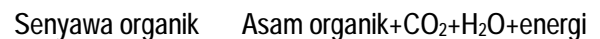
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui apakah telah terjadi pendangkalan, apakah masih ada *idle capacity*, apakah sudah memenuhi target perbaikan kualitas air, dan seberapa besar efektivitas dan kondisi operasional IPAL.

Sistem pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik yang sederhana operasionalnya menggunakan kolam oksidasi yang terdiri dari: kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi (Kusnopranto, 1984).

Kolam anaerobik berfungsi untuk mereduksi kandungan organik dengan bantuan bakteri anaerob. Kolam anaerobik didesain dengan sistem terbuka untuk dapat menerima kandungan organik yang tinggi. Zat padat yang terbawa aliran air limbah akan mengendap pada dasar kolam dan diuraikan secara anaerobik oleh bakteri yang terkandung dalam air limbah (Hellawell J.M, 1989). Proses yang terjadi pada kolam anaerobik adalah:



Gambar 1.
Proses yang terjadi pada kolam Fakultatif



Kolam fakultatif berfungsi mengolah limbah cair yang bersumber dari efluen kolam anaerobik, dimana pada lapisan dasar yang berperan menguraikan zat organik yang terkandung pada air limbah adalah bakteri anaerobik, pada lapisan bagian tengah adalah bakteri fakultatif sedangkan pada lapisan atas yang berperan adalah bakteri aerobik. Pada bagian dasar kolam fakultatif akan terbentuk asam organik dan alkohol yang terurai lebih lanjut menjadi CO₂ + NH₃ + H₂S + CH₄. Pada bagian atas akan terjadi proses aerobik yang

dipengaruhi oleh interaksi permukaan dan adanya bantuan sinar matahari dalam membantu proses simbiosis antara algae dan bakteri, sehingga terurainya organik dan terbentuk sel bakteri baru. Kolam fakultatif diharapkan dapat mereduksi kandungan organik dengan bantuan bakteri secara anaerobik dan aerobik sekitar 70%. Skema yang terjadi pada kolam fakultatif dapat dilihat pada gambar 1. Kolam maturasi berfungsi untuk menurunkan kandungan mikroorganisme dalam air limbah terutama *fecal coliform*, namun unit ini masih bisa berperan dalam penurunan BOD. Pada IPAL domestik kolam maturasi berfungsi untuk mereduksi atau menguraikan kandungan bahan organik secara aerobik dari effluen kolam fakultatif selama 3 (tiga) hari, sehingga aman untuk dibuang ke badan air.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian evaluasi IPAL terhadap kualitas bangunan, pengoperasian dan kualitas air inlet dan outlet dari IPAL. Dalam penelitian ini dibatasi pada 2 (dua) IPAL; yaitu: IPAL Kesenden dan IPAL Perumnas Selatan. Pemeriksaan kualitas air terbatas pada parameter BOD, COD, dan Bakteri *E-coli*. Alat dan pemeriksaan dilakukan di laboratorium. Sedangkan analisa data dengan cara analisa perbandingan antara kualitas air sebelum diolah dan setelah diolah pada masing-masing unit; dan air setelah pengolahan dibandingkan dengan baku mutu air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengolahan pada IPAL Kesenden dan IPAL Perumnas Selatan menggunakan sistem pengolahan kolam oksidasi.

Tabel 1
Kedalaman IPAL Kesenden dan IPAL Perumnas Selatan

No	Unit/Kolam	Kedalam di IPAL (m)					
		Kesenden			Perumnas Selatan		
		desain	riil	sedimen	desain	riil	sedimen
1	Anaerobik	2,00	1,75	0,25	2,00	1,75	0,25
2	Fakultatif	1,75	1,65	0,10	1,75	1,60	0,15
3	Maturasi 1	1,50	1,50	0,00	1,50	1,40	0,10
4	Maturasi 2	1,50	1,50	0,00	1,50	1,40	0,10

Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan, 2010

1) Efektivitas Operasional IPAL

Data perencanaan dan hasil pengukuran kedalaman IPAL Kesenden dan IPAL Perumnas Selatan disajikan pada tabel 1.

a. IPAL Kesenden

Kedalaman efektif (kedalaman air) yang direncanakan pada kolam anaerobik adalah 2 m, kolam fakultatif 1,75 m dan kolam maturasi 1,5 m. Pada saat penelitian dilakukan pengukuran kedalaman air, rata-rata pada kolam anaerobik ada pendangkalan 0,25 m dan kolam fakultatif 0,10 m. Pendangkalan pada kolam anaerobik selain mengurangi kapasitas yang berakibat berkurangnya waktu tinggal, juga akan berpengaruh pada proses reduksi kandungan organik oleh bakteri anaerob tidak terjadi secara optimal. Pendangkalan di kolam fakultatif (± 10 cm) juga akan mengurangi waktu tinggal dan berpengaruh pada proses anaerob. Sedangkan pada kolam maturasi tidak terjadi pendangkalan, sehingga tidak mempengaruhi lamanya waktu tinggal dan proses reduksi. IPAL Kesenden direncanakan untuk kapasitas air limbah 75 lt/det; waktu tinggal pada kolam anaerobik 2 hari, fakultatif 2 hari, dan maturasi 3 hari. Dari operasional dan pengukuran lapangan didapatkan bahwa debit yang masuk hanya 11 lt/det. Dari data tersebut berarti masih ada kapasitas tidak terpakai (*idle capacity*) dan setelah dilakukan perhitungan ada lonjakan waktu tinggal yang cukup lama, yakni di kolam anaerobik sekitar 4,6 hari, fakultatif 27,7 hari dan maturasi 20 hari.

b. IPAL Perumnas Selatan

Kedalaman efektif yang direncanakan di IPAL Perumnas Selatan sama dengan IPAL Kesenden. Pada saat penelitian dilakukan pengukuran kedalaman air, rata-rata pada kolam anaerobik ada pendangkalan 0,25 m, kolam fakultatif 0,15 m, dan kolam maturasi 0,10 m; sehingga dampaknya secara prinsip sama dengan IPAL Kesenden. IPAL Perumnas Selatan direncanakan untuk kapasitas air limbah 40 lt/det; waktu tinggal pada kolam anaerobik 2 hari, fakultatif 2 hari, dan maturasi 3 hari. Dari operasional dan pengukuran lapangan didapatkan bahwa debit yang masuk hanya 30 lt/det. Dari data tersebut berarti masih ada kapasitas

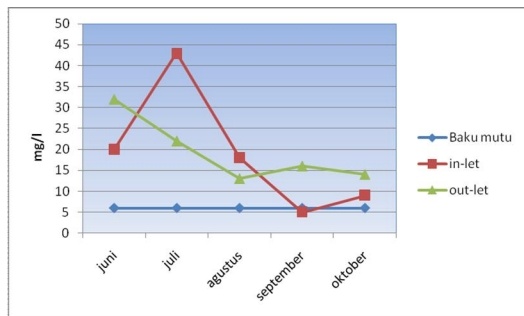
tidak terpakai (*idle capacity*) dan setelah dilakukan perhitungan ada lonjakan waktu tinggal di kolam anaerobik sekitar 2,36 hari, fakultatif 10,8 hari dan maturasi 7 hari.

2) Efektivitas Penurunan Pencemar Organik

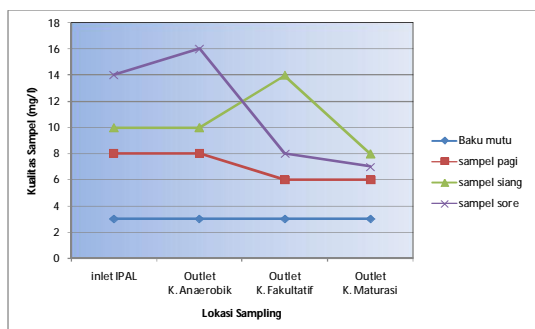
1) Parameter BOD

Parameter BOD merupakan ukuran utama kekuatan limbah cair yang merupakan petunjuk dari pengaruh yang diperkirakan terjadi pada badan air penerima berkaitan dengan pengurangan kandungan oksigennya.

a. IPAL Kesenden



Gambar 2
Grafik Penurunan Parameter BOD Air Limbah IPAL Kesenden (data sekunder)



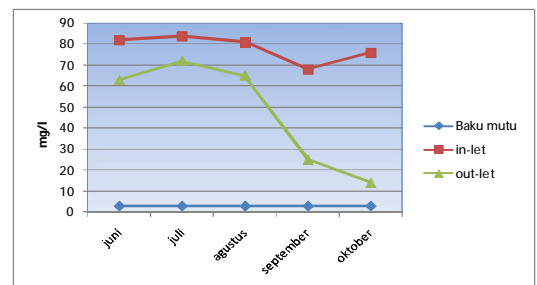
Gambar 3
Grafik Penurunan Parameter BOD Air Limbah IPAL Kesenden (data primer)

Kedua grafik tersebut, menunjukkan adanya penurunan parameter BOD air limbah sebelum diolah dan setelah diolah pada IPAL Kesenden. Menurut data dari PDAM rata-rata konsentrasi BOD ada kenaikan di outlet dibandingkan dengan inlet, namun secara rinci ada penurunan yang cukup signifikan di bulan Juli dan Agustus. Kualitas air limbah di outlet IPAL apabila dibandingkan dengan baku mutu air limbah kelas II (PP no. 82 tahun 2001) masih

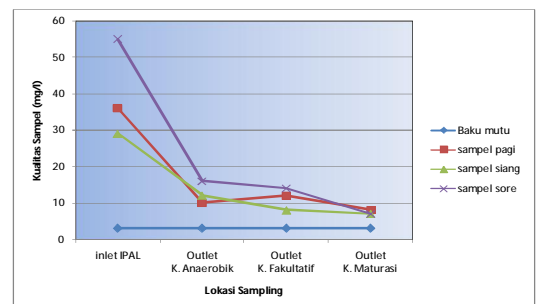
di atas ambang batas. Sedangkan menurut data dari penelitian rata-rata konsentrasi BOD baik secara total maupun tiap waktu perlakuan mengalami penurunan yang sangat signifikan di outlet, tetapi masih di atas ambang batas. Tetapi dari kedua jenis dan sumber data tersebut apabila dibandingkan dengan kriteria desain konsentrasi parameter BOD sudah di bawah desain; yang mana konsentrasi parameter BOD data PDAM rata-rata 19 mg/l dan data primer 10 mg/l, sedangkan menurut perencanaan kualitas BOD outlet sebesar 30 mg/l.

Efektivitas IPAL Kesenden terhadap penurunan BOD cukup tinggi, yakni sebesar 34% dengan efektivitas tertinggi pada kualitas sampel sore hari yaitu sebesar 50%. Apabila dilihat dari masing-masing unit pengolahan efektivitas penurunan BOD di kolam anaerobik sebesar -6%, efektivitas penurunan BOD di kolam fakultatif sebesar 15%, dan efektivitas penurunan BOD di kolam maturasi 28%.

b. IPAL Perumnas Selatan



Gambar 4
Grafik Penurunan Parameter BOD Air Limbah IPAL Perumnas Selatan (data sekunder)



Gambar 5
Grafik Penurunan Parameter BOD Air Limbah IPAL Perumnas Selatan (data primer)

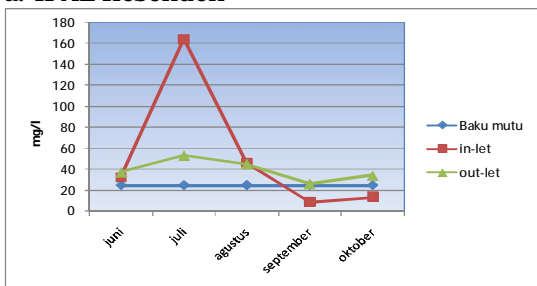
Kedua grafik tersebut menunjukkan adanya penurunan parameter BOD air limbah sebelum diolah dan setelah diolah. Menurut data dari PDAM rata-rata

konsentrasi BOD ada penurunan di outlet dibandingkan dengan inlet, dan penurunan terjadi sangat signifikan pada bulan September dan Oktober. Kualitas air limbah di outlet IPAL masih di atas ambang batas. Sedangkan menurut data dari penelitian rata-rata konsentrasi BOD baik secara total maupun tiap waktu perlakuan mengalami penurunan yang sangat signifikan di outle. Kualitas air limbah di outlet masih sedikit di atas ambang batas, tetapi apabila dibandingkan dengan kriteria desain; konsentrasi parameter BOD data sekunder dari PDAM rata-rata 48 mg/l berarti masih lebih tinggi, sedangkan menurut data primer sebesar 7 mg/l berarti sudah lebih rendah dari desain yakni sebesar 30 mg/l.

Efektivitas IPAL Perumnas Selatan terhadap penurunan BOD sangat tinggi, yakni sebesar 82% dengan efektivitas tertinggi pada kualitas sampel sore hari yaitu sebesar 87%. Dilihat dari masing-masing unit pengolahan efektivitas penurunan BOD di kolam anaerobik sebesar 68%, efektivitas penurunan BOD di kolam fakultatif sebesar 11%, dan efektivitas penurunan BOD di kolam maturasi 35%.

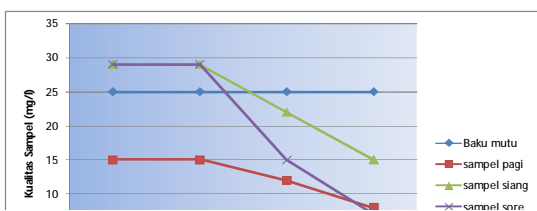
1) Parameter COD

a. IPAL Kesenden



Gambar 6

Grafik Penurunan Parameter COD Air Limbah IPAL Kesenden (data sekunder)



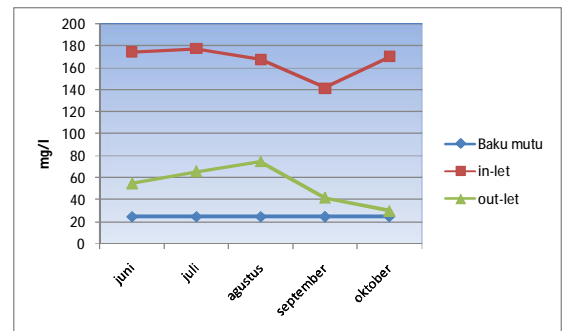
Gambar 7

Grafik Penurunan Parameter COD Air Limbah IPAL Kesenden (data primer)

Kedua grafik tersebut, menunjukkan adanya penurunan parameter COD air limbah sebelum diolah dan setelah diolah pada IPAL Kesenden. Menurut data dari PDAM rata-rata konsentrasi COD ada penurunan di outlet, dan penurunan terjadi cukup signifikan pada bulan Juli dan Agustus, tetapi di bulan September dan Oktober ada sedikit kenaikan. Kualitas air limbah di outlet masih di atas ambang batas. Sedangkan menurut data dari penelitian rata-rata konsentrasi COD baik secara total maupun tiap waktu perlakuan mengalami penurunan yang sangat signifikan di outlet. Kualitas air limbah di outlet IPAL juga sudah di bawah ambang batas.

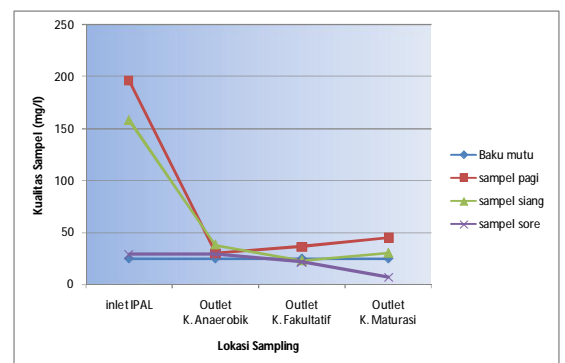
Efektivitas IPAL Kesenden terhadap penurunan COD cukup tinggi, yakni sebesar 59% dengan efektivitas tertinggi pada kualitas sampel sore hari yaitu sebesar 76%. Apabila dilihat dari masing-masing unit pengolahan efektivitas penurunan COD di kolam anaerobik sebesar 0%, efektivitas penurunan COD di kolam fakultatif sebesar 23%, dan efektivitas penurunan COD di kolam maturasi 46%.

b. IPAL Perumnas Selatan



Gambar 8

Grafik Penurunan Parameter COD Air Limbah IPAL Perumnas Selatan (data sekunder)



Gambar 9

Grafik Penurunan Parameter COD Air Limbah IPAL Perumnas Selatan (data primer)

Kedua grafik tersebut menunjukkan adanya penurunan parameter COD air limbah sebelum diolah dan setelah diolah pada IPAL Perumnas Selatan. Menurut data dari PDAM rata-rata konsentrasi COD ada penurunan di outlet dibandingkan dengan inlet, dan penurunan terjadi sangat signifikan pada seluruh waktu sampling, bahkan pada bulan September dan Oktober parameter COD masih di atas ambang batas. Kualitas air limbah di outlet IPAL sudah di bawah ambang batas. Sedangkan menurut data dari penelitian rata-rata konsentrasi COD baik secara total maupun tiap waktu perlakuan mengalami penurunan yang sangat signifikan di outlet. Kualitas air limbah di outlet IPAL juga masih di atas ambang batas.

Efektivitas IPAL Perumnas Selatan terhadap penurunan COD sangat tinggi, yakni sebesar 79% dengan efektivitas tertinggi pada kualitas sampel siang hari yaitu sebesar 81%. Apabila dilihat dari masing-masing unit pengolahan efektivitas penurunan COD di kolam anaerobik sebesar 75%, efektivitas penurunan COD di kolam fakultatif sebesar 16%, dan efektivitas penurunan COD di kolam maturasi -1%

2) Parameter Bakteri *E-coli*

a) IPAL Kesenden

Dari hasil penelitian kualitas air limbah baik terhadap inlet ke IPAL Kesenden outlet kolam anaerobik, outlet kolam fakultatif maupun outlet kolam maturasi (outlet IPAL) dapat didiskripsikan bahwa kualitas air limbah inlet ke IPAL Kesenden positif mengandung bakteri *E-coli* Setelah melalui pengolahan di kolam anaerobik sudah negatif, kemudian setelah melalui kolam fakultatif juga sudah negatif; tetapi setelah melalui kolam maturasi justru positif mengandung bakteri *E-coli* Hal ini dapat diinformasikan bahwa kemungkinan bakteri tersebut merupakan pendatang baru yang sangat dimungkinkan dari adanya kegiatan buang air besar yang dilakukan di pintu outlet kolam maturasi yang dilakukan oleh warga sekitar/pendatang yang sedang

mancing, karena situasi IPAL Kesenden tidak ada pagar.

b) IPAL Perumnas Selatan

Dari hasil penelitian kualitas air limbah baik terhadap inlet ke IPAL Perumnas Selatan outlet kolam anaerobik, outlet kolam fakultatif maupun outlet kolam maturasi (outlet IPAL) dapat didiskripsikan bahwa kualitas air limbah inlet ke IPAL Perumnas Selatan positif mengandung bakteri *E-coli* Setelah melalui pengolahan di kolam anaerobik masih positif, kemudian setelah melalui kolam fakultatif juga sudah negatif, dan tetapi setelah melalui kolam maturasi juga negatif mengandung bakteri *E-coli* Hal ini dapat diinformasikan bahwa IPAL Perumnas Selatan sudah berhasil menurunkan kandungan bakteri *E-coli* di 2 (dua) kolam terakhir atau outlet dari IPAL.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisis serta merujuk pada tujuan penelitian maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Telah terjadi pendangkalan di kedua IPAL di semua kolam, kecuali kolam maturasi IPAL Kesenden.
2. Masih ada kapasitas tidak terpakai (*idle capacity*) di IPAL Kesenden sebesar 64 lt/det dan IPAL Perumnas Selatan sebesar 10 lt/det.
3. Secara total maupun tiap waktu perlakuan konsentrasi BOD dan COD mengalami penurunan yang sangat signifikan di outlet kedua IPAL dibandingkan dengan inlet tetapi BOD masih di atas ambang batas sedangkan COD di IPAL Perumnas Selatan masih di atas ambang batas sedangkan IPAL Kesenden sudah di bawah ambang batas.
4. Efektivitas penurunan BOD dan COD baik pada setiap kolam maupun secara keseluruhan cukup tinggi, dan efektivitas pengolahan IPAL Perumnas Selatan lebih tinggi dari pada IPAL Kesenden.
5. Operasional kedua IPAL belum optimal yang disebabkan oleh adanya beberapa pompa yang rusak dan tidak berfungsi, kurangnya pengamanan terhadap IPAL,

dan masih sedikitnya pelanggan/sambungan air limbah rumah tangga.

Beberapa Saran atau rekomendasi antara lain:

- 1) Optimalisasi IPAL Kesenden disarankan: supaya segera diperbaiki 3 (tiga) pompa yang rusak, pagar pengaman supaya dipasang pada sekeliling area IPAL dan lokasi IPAL dilarang dari kegiatan warga, sedimentasi di kolam anaerobik dan kolam fakultatif supaya dilakukan pengerukan secara berkala.
- 2) Optimalisasi IPAL Kesenden disarankan: Supaya segera diperbaiki 2 (dua) pompa yang rusak, sedimentasi di kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi supaya dilakukan pengerukan secara berkala serta kolam maturasi yang bocor supaya diperbaiki, eceng gondok terutama pada kolam fakultatif dan kolam maturasi supaya dibersihkan.
- 3) Jumlah sambungan air limbah rumah tangga supaya ditingkatkan dengan promosi kesehatan dan penambahan saluran air limbah yang memadai.
- 4) Instansi pengelola dan SKPD terkait supaya meningkatkan kualitas operasional IPAL, dan pemerintah daerah meningkatkan anggaran pada pengelolaan air limbah secara umum di Kota Cirebon.
- 5) Uji kualitas air limbah supaya dilakukan secara kontinyu/bulanan sebagai wujud kegiatan pemantauan kualitas air limbah.

Penelitian ini perlu ditindaklanjuti dengan penelitian lainnya, mengingat adanya rencana pembangunan instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) yang mana supernatan dari IPLT tersebut akan dimasukkan ke IPAL domestik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

American Public Health Association (APHA), 1976. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 4th edition. American Public Health Association, Washington DC.1193p.

Brown, A.L. 1987. *Freshwater Ecology*. Heinemann Educational Books, London. 163 p.

Cole, G.A. 1988. *Textbook of Limnology*. Third edition. Waveland Press, Inc., Illinois, USA.401 p.

Davis, M.L. and Cornwell, D.A. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second edition. Mc-Graw-Hill, Inc., New York. 822 p.

Dugan, P.R. 1972. *Biochemical Ecology of Water Pollution*. Plenum Press. New York. 159 p.

Haslam, S.M. 1995. *River Pollution and Perspective*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 253 p.

Hellawell, J.M, 1989. *Biological Indicators of Fresh Water Pollution and Environmental Management*, Elsevier Science Publisher Ltd. New York.

Hindarko S, 2003. *Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain*, Penerbit Esha Jakarta

Kusnoputranto, Haryoto, 1984. *Air Limbah dan Ekskreta Manusia*, Jakarta FKM-UI

Mara Duncan, 1994. *Pemanfaatan Air Limbah dan Ekskreta Patokan untuk Perlindungan Kesehatan Masyarakat*, Penerbit ITB Bandung

Polprasert. C., Rajput. S. V., 1982, "Environmental Sanitation Reviews (Septic Tank and Septic System)", Environmental Sanitation Center:

Ricgard G. Feachen, 1983. *Sanitation and Disease Health Aspects of Excreta and Wasterwater Management*, John Wiley & Sons

Soli J. Arceivala, 1994. *Wastewater Treatment for Pollution Control*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited

Suparman, 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*, Penerbit Buku Kedokteran EGC Jakarta.

....., *Peraturan Pemerintah R.I Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.