

**PENGARUH SISTEM REKLAMASI AIR LIMBAH
TERHADAP KONSENTRASI BOD DAN COD *EFFLUENT*
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SUWUNG DENPASA**

I D. G. Putra Prabawa, K. G. Dharma Putra, dan Ni M. Suaniti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai aplikasi sistem reklamasi air limbah terhadap konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam pengolahan *effluent* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung Denpasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tiap tahap pengolahan *effluent* IPAL yang terjadi dalam sistem reklamasi air limbah, mengetahui efektivitas sistem reklamasi air limbah, dan kualitas air reklamasi yang dihasilkan berdasarkan parameter BOD₅ dan COD.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem reklamasi yang diaplikasikan mampu menurunkan konsentrasi BOD₅ dan COD dari *effluent* IPAL pada setiap tahap pengolahannya, dimana tiap tahap pengolahannya memiliki persentase penurunan yang berbeda-beda. Pada tahap I (sistem filtrasi biologis), persentase penurunan kadar BOD₅ dan COD berturut-turut sebesar 41,17% dan 31,23%. Pada tahap II (sistem *pre-ozonation*) persentase penurunannya berturut-turut sebesar 83,13% dan 77,68%. Pada tahap III (sistem koagulasi dan membran) persentase penurunannya berturut-turut sebesar 29,25 % dan 8,02 %. Secara keseluruhan tingkat efektivitas dari tahap awal sampai tahap akhir sistem reklamasi air limbah telah berlangsung dengan efektif, dimana persentase efektivitas penurunan untuk konsentrasi BOD₅ sebesar 92,98 % dan COD sebesar 85,88 %.

Kata kunci: sistem reklamasi, efektivitas, *effluent*, air reklamasi.

ABSTRACT

The application of water reclamation system has been researched for the concentration of Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) in the effluent waste water treatment in Suwung Denpasar. The aims of the research were to determine the effect of each stage of water reclamation system on the BOD₅ and COD of the effluent, the effectiveness of the water reclamation system and the quality of the reclaimed water.

The results showed that each stage of water reclamation system can decrease the concentrations of BOD₅ and COD from waste water treated with different percentage of reduction. The percentages of the COD reduction by first stage (biological filtration systems) were 41.17% and 31.23% respectively BOD₅ and COD. The second stage (pre-ozonation system) were 83.13% and 77.68% respectively. Moreover, the third stage (coagulation and membrane systems) reduced 29.25% and 8.02% respectively. The overall rate of effectiveness from the initial to final stages of waste water reclamation were 92,98% for BOD₅ and 85,88% for COD.

Keywords: reclamation system, effectiveness, effluent, reclaimed water.

PENDAHULUAN

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Suwung Denpasar merupakan salah satu usaha pengolahan air limbah yang dibangun guna mengolah limbah rumah tangga dan hotel yang di pusatkan pada daerah sekitar Denpasar, Sanur, dan Kuta. Pengolahan awal air limbah pada IPAL Suwung tersebut dilakukan dengan menggunakan sistem *lagoon* (kolam). Kapasitas air limbah yang diolah sebesar 51.000 m³ per hari. Air limbah yang telah masuk ke IPAL Suwung akan mengalami beberapa tahap pengolahan di antaranya adalah pengolahan primer (*Primary Treatment*) pada *inlet chanel* dengan tujuan untuk memisahkan padatan yang masih terkandung di dalam air limbah dengan sistem penyaringan. Tahap kedua adalah pengolahan sekunder (*Secondary Treatment*) secara biologis yang bertujuan untuk memisahkan padatan yang mudah mengendap, padatan terlarut, dan nutrien berupa nitrogen dan fosfor (Blupal, 2007).

Berdasarkan data analisis terhadap air limbah pada IPAL Suwung diketahui bahwa kualitas air *effluent* (buangan) yang dihasilkan masih belum sesuai dengan baku mutu yang diharapkan, terutama untuk parameter amonia (NH₃), *biological oxygen demand* (BOD₅), dan *chemical oxygen demand* (COD), di mana konsentrasinya berturut-turut 21,38 mg/L, 59,03 mg/L dan 102,48 mg/L (Wahyuni, 2010). Kurang maksimalnya pengolahan air limbah tersebut akan berpengaruh terhadap pencemaran ekosistem hutan *mangrove* sebagai badan air yang menerima hasil olahan dari IPAL suwung.

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas sistem pengolahan air limbah di IPAL Suwung Denpasar adalah waktu tinggal air limbah pada kolam pengolahan (Wahyuni, 2010). Waktu tinggal air limbah yang optimal dapat meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah yang ditandai dengan meningkatnya kualitas air hasil pengolahan. Menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa waktu tinggal optimum air limbah pada kolam aerasi adalah 5 hari (Wahyuni, 2010). Dalam pelaksanaannya, waktu tinggal air limbah ini tidak dapat dicapai oleh limbah yang masuk ke IPAL akibat tidak sebandingnya jumlah

limbah yang masuk dengan besar kolam pengolahan, sehingga air yang keluar dari sistem pengolahan belum memenuhi standar baku mutu yang diharapkan.

Untuk itu diperlukan teknologi alternatif untuk mengolah air limbah di IPAL Suwung Denpasar. Sistem membran diduga mampu menurunkan parameter seperti zat organik dan kekeruhan, seperti yang dilakukan oleh Notodarmodjo (2004) yang mengkaji kemungkinan aplikasi teknologi membran ultrafiltrasi untuk mengolah air Waduk Saguling di Provinsi Jawa Barat.

Pada pengoperasian sistem membran di IPAL Suwung Denpasar juga didukung oleh adanya sistem lain agar dapat mengoptimalkan proses filtrasi yang terjadi, dimana sistem tersebut adalah sistem filtrasi biologis, sistem *pre-ozonation* dan sistem koagulasi-flokulasi. Seluruh sistem ini terpasang sebagai suatu unit kesatuan yang dinamakan dengan sistem reklamasi air limbah, dengan menambahkan sistem reklamasi air limbah yang dipasang pada *effluent* IPAL Suwung Denpasar, diharapkan dapat menghasilkan air reklamasi yang dapat memenuhi standar baku mutu air bersih yang telah ditentukan. Air reklamasi adalah air yang mengalami proses perbaikan atau pembaruan kualitas air, dimana sebelumnya adalah air dengan kualitas tidak layak pakai (air limbah) menjadi air layak pakai.

Membran yang digunakan dalam penelitian ini adalah membran ultrafiltrasi (METAWATER, 2011), yang cocok menurunkan parameter seperti zat organik dan kekeruhan. Tekanan operasi yang dibutuhkan relatif rendah (1-10 bar) dan tekanan osmotik yang diperlukan dalam sistem ini dapat diabaikan (Hanum, 2009).

Untuk mengetahui tingkat efektivitas sistem reklamasi air limbah terhadap pengolahan air limbah di IPAL Suwung, maka perlu dilakukan penelitian terutama untuk parameter *Biological oxygen demand* (BOD) dan *Chemical oxygen Demand* (COD) pada tiap tahap pengolahan yang terjadi terhadap *effluent* IPAL Suwung.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar.

Bahan-bahan kimia yang digunakan berkualitas pro analisis (p.a), diantaranya larutan mangan sulfat (MnSO_4), larutan alkali iodida-azide (NaOH-KI-NaN_3), larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat 6 N, larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,0233 N, indikator amilum, larutan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,025 N, larutan perak sulfat-asam sulfat ($\text{AgSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$), indikator ferroin, larutan ferro ammonium sulfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$) 0,10 N, *aquabidest*, dan batu didih.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem reklamasi air limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar, *water sampler*, botol ukuran 1,5 L dan termos es, gelas beaker 50 dan 100 mL, labu ukur 10 mL, 50 mL dan 250 mL, gelas ukur 50 mL, erlenmayer 150 mL, pipet volume 1, 5, 10 dan 25 mL, pipet tetes, *ball filler*, botol BOD 250 mL, neraca analitik *Galaxy 160 OH Aus*, inkubator BOD, seperangkat alat refluks merk *Jena Glass Duran DM 050*, buret, statif, penyangga, dan corong.

Cara Kerja

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel di sistem reklamasi IPAL Suwung Denpasar dilakukan pada empat lokasi. Lokasi pertama yaitu *effluent* IPAL setelah melewati kolam aerasi (T_1). Lokasi selanjutnya yaitu saat air melewati sistem reklamasi, yaitu air setelah melewati sistem biologis (T_2) dan air setelah melewati sistem ozoniser (T_3). Lokasi terakhir adalah air setelah melewati sistem reklamasi, di mana air ini telah melewati sistem koagulasi (flokulasi) dan sistem membran (T_4). Pengambilan sampel disesuaikan dengan waktu tinggal air limbah di masing-masing lokasi sampling air limbah. Sampel

diambil pada beberapa bagian kemudian dikomposit menjadi satu. Pengambilan sampel untuk analisis dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan di masing-masing lokasi sampling air limbah selama kurun waktu satu bulan. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan selang waktu pengulangan selama 10 hari.

Penentuan Kadar BOD

Analisis DO_0

Sejumlah sampel dimasukkan ke dalam botol *Winkler* sampai meluap dengan hati-hati agar tidak terjadi gelembung udara, kemudian tutup rapat agar tidak ada gelembung udara di dalam botolnya. Selanjutnya ditambahkan dengan 1 mL larutan MnSO_4 dan 1 mL alkali iodida-azide kemudian larutan dikocok selama 10 menit. Larutan didiamkan beberapa saat sampai terbentuk endapan. Apabila terbentuk endapan putih berarti $DO = 0$. Jika terbentuk endapan coklat kekuningan maka ditambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat dan dikocok sampai endapan larut sempurna. Selanjutnya sampel dipipet 50 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmayer 150 mL kemudian dititrasikan dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0233 N sampai berubah warna menjadi kuning muda kemudian ditambahkan dengan 2-3 tetes indikator amilum dan dititrasikan kembali hingga warna biru tepat hilang (menjadi tidak berwarna). Volume titran yang digunakan dicatat (BSN, 2004).

Perhitungannya :

$$DO_{(\text{mg/L})} = (V_t \times N \times 8000 \times F) / (V_s)$$

Keterangan :

V_t = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)

N = Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

F = Faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi volume pereaksi MnSO_4 dan alkali iodida azida)

N_s = Volume sampel (mL)

Analisis DO_5

Sejumlah sampel dimasukkan ke dalam botol *Winkler* sampai meluap dengan hati-hati, kemudian tutup rapat agar tidak ada gelembung udara di dalam botolnya. Saat memasukan

sampel diusahakan jangan sampai ada gelembung udara dalam botol. Sampel diinkubasi selama lima hari pada suhu 20⁰C. Setelah lima hari dilakukan analisis DO₅ dengan cara yang sama dengan analisis DO₀ (BSN, 2004).

Perhitungan :

$$BOD_5 \text{ (mg/L)} = (DO_0 - DO_5) / P$$

Keterangan :

DO₀ = DO dari sampel air awal

DO₅ = DO dari sampel air yang telah diinkubasi selama 5 hari

P = Faktor pengenceran (1/pengenceran)

Penentuan Kadar COD

Sebanyak 20,0 mL sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam labu refluks kemudian ditambahkan 10,0 mL K₂Cr₂O₇ 0,025 N ; 25,0 mL campuran AgSO₄-H₂SO₄, dan beberapa batu didih, selanjutnya larutan dikocok. Air pendingin dialirkan melalui kondensor kemudian dilakukan proses refluks selama 1,5 jam. Setelah 1,5 jam sampel didinginkan dan dipindahkan ke dalam erlenmayer, kemudian sampel ditambahkan *aquabidest* sampai volumenya kira-kira 150 mL. Selanjutnya sampel ditambahkan 1-2 tetes indikator ferroin dan dititrasi dengan larutan Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ 0,0926 N sampai terjadi perubahan warna dari biru kehijauan menjadi merah bata. Volume titran yang diperlukan dicatat. Prosedur di atas juga dilakukan untuk pengukuran blanko (BSN, 2009).

Perhitungan :

$$COD \text{ (mg/L)} = [(a-b) \times N_{FAS} \times 8000] / mL_{\text{sampel}}$$

Keterangan :

a = mL Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ untuk blanko

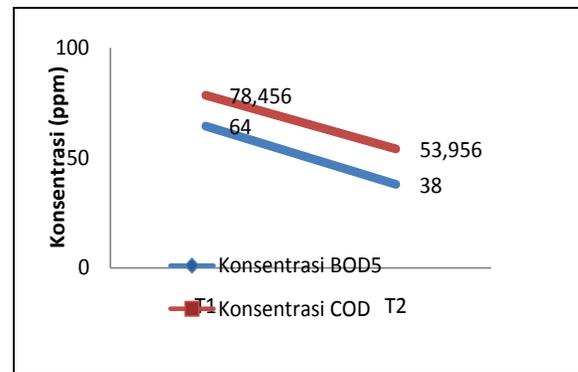
b = mL Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ untuk sampel air

N_{FAS} = normalitas ferro ammonium sulfat (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Sistem Filtrasi-Biologis Terhadap Konsentrasi BOD₅, COD, dan Amonia Effluent IPAL

Hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi rata-rata BOD₅ dan COD dari air limbah *effluent* IPAL (T₁) setelah melewati sistem filtrasi-biologis (T₂). Pada sistem ini diperoleh persentase penurunan rata-rata konsentrasi untuk pengolahan BOD₅ sebesar 41,17 % dan COD sebesar 31,23 %. Nilai penurunan konsentrasi BOD₅ dan COD disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai Penurunan Konsentrasi BOD₅ dan COD

Keterangan :

T₁ = Lokasi Pengambilan Sampel pada *Effluent* IPAL

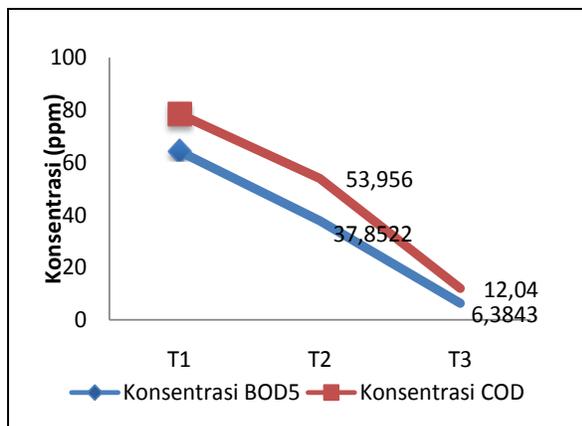
T₂ = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem Filtrasi Biologis

Pada tahap ini, *effluent* melalui proses penyaringan dengan media antrasit terlebih dahulu, sehingga akan mengurangi pengotor berupa bahan padatan dalam air, kemudian air akan mengalami proses aerasi menggunakan blower sehingga terjadi penambahan jumlah oksigen terlarut ke dalam air yang menyebabkan meningkatnya aktivitas mikroorganisme aerob dalam mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam air limbah. Mikroorganisme yang dimanfaatkan adalah mikroorganisme yang secara alami telah ada pada *effluent* IPAL (tanpa penambahan dari luar). Berkurangnya pengotor

berupa padatan dalam air limbah yang disertai dengan peningkatan aktivitas mikroorganisme dalam mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam air limbah menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi BOD dan COD pada *effluent* IPAL.

Pengaruh Sistem *Pre-Ozonation* Terhadap Konsentrasi BOD dan COD *Effluent* IPAL

Hasil Analisis menunjukkan terjadi penurunan kembali konsentrasi rata-rata BOD₅ dan COD dari air limbah setelah melewati sistem *Pre-Ozonation* (T₂). Pada tahap pengolahan ini diperoleh persentase penurunan rata-rata konsentrasi untuk pengolahan BOD₅ sebesar 83,13 % dan COD sebesar 77,68 %. Nilai penurunan konsentrasi BOD₅ dan COD pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi BOD₅ dan COD pada Lokasi T₁, T₂ dan T₃

Keterangan :

- T1 = Lokasi Pengambilan Sampel pada *Effluent* IPAL
 T2 = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem Filtrasi Biologis
 T3 = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem *Pre-Ozonation*

Ozon yang larut dalam air limbah akan menghasilkan gugus radikal hidroksil (OH⁻), sebuah radikal bebas yang memiliki potensial

oksidasi yang sangat tinggi (2,8 Volt). Radikal hidroksil adalah bahan oksidator yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik seperti Fenol, pestisida, Tri Nitro Toluena (TNT), dan sebagainya (Harper, 1986)

Gugus radikal hidroksil yang larut dalam air limbah akan mengoksidasi sisa senyawa organik dan anorganik dari pengolahan sebelumnya menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kembali konsentrasi BOD₅ dan COD air limbah.

Air hasil *pre-ozonation* memiliki warna yang lebih jernih serta berkurangnya bau yang dihasilkan. Proses oksidasi yang terjadi akan memutus rantai karbon senyawa organik dalam bahan pencemar air limbah menjadi rantai karbon yang lebih pendek (sederhana) sehingga akan menghilangkan warna, bau, dan rasa yang umumnya disebabkan oleh senyawa organik berantai panjang seperti protein dan lemak.

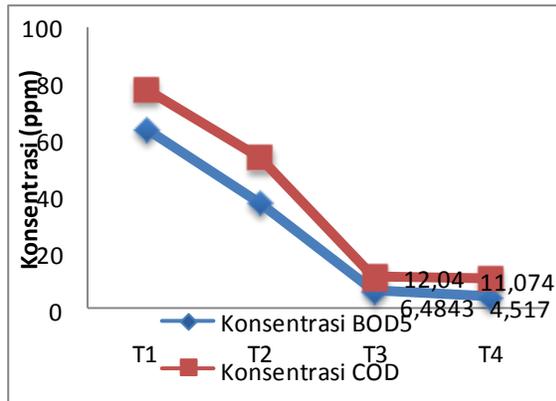
Penggunaan ozon dalam pengolahan air limbah juga akan membunuh (deaktivasi) mikroorganisme melalui proses oksidasi langsung ozon yang akan merusak dinding bagian luar sel mikroorganisme (*cell lysis*) sekaligus membunuhnya (Syafudin, 2007)

Pengaruh Sistem Koagulasi-Flokulasi Dan Sistem Membran Terhadap Konsentrasi BOD₅ dan COD *Effluent* IPAL

Hasil analisis menunjukkan terjadi penurunan kembali konsentrasi rata-rata BOD₅ dan COD dari air limbah setelah melewati sistem koagulasi-flokulasi dan sistem membran atau yang disebut juga dengan air reklamasi (T₄). Pada tahap pengolahan ini diperoleh persentase penurunan rata-rata konsentrasi untuk pengolahan BOD₅ sebesar 29,25 % dan COD sebesar 8,02 %. Nilai penurunan konsentrasi BOD₅ dan COD disajikan pada Gambar 3.

Proses koagulasi yang terjadi dilakukan pada sistem tertutup, zat koagulan yang digunakan adalah PAC (Poli Aluminium Klorida) dimana pH (keasaman) dijaga antara 6,6 - 7,0 dengan menambahkan H₂SO₄. Penambahan koagulan disertai dengan pengadukan perlahan yang dilakukan menggunakan 4 blower yang diatur kecepatannya masing-masing, menyebabkan

flok-flok mikro dapat membentuk flok (gumpalan) dengan ukuran yang diharapkan pada sistem koagulasi, sehingga flok ini tidak dapat melewati sistem membran saat proses filtrasi.



Gambar 3. Konsentrasi BOD₅ dan COD pada Lokasi T₁, T₂, T₃ dan T₄

Keterangan :

- T₁ = Lokasi Pengambilan Sampel pada *Effluent* IPAL
- T₂ = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem Filtrasi Biologis
- T₃ = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem *Pre-Ozonation*
- T₄ = Lokasi Pengambilan Sampel pada Air Hasil Pengolahan Sistem koagulasi (flokulasi) dan Sistem Membran

Air limbah selanjutnya dialirkan ke sistem membran, membran yang digunakan adalah membran keramik dengan jenis membran ultrafiltrasi. Ukuran pori membran yang digunakan memiliki ukuran 0,1 mikrometer. *Effluent* hasil pengolahan (air reklamasi) akan keluar melewati pori-pori membran, sedangkan flok dan endapan tidak dapat melewati pori-pori membran karena ukurannya yang lebih besar dari pori-pori membran. Berkurangnya sisa-sisa partikel senyawa organik, anorganik dan mikroorganisme (seperti bakteri) yang telah berubah dalam bentuk flok dan endapan yang

terfiltrasi pada sistem membran menyebabkan terjadinya penurunan pada ketiga parameter yang diuji. Proses filtrasi pada membran ultrafiltrasi ini akan menghilangkan berbagai partikel terlarut dengan BM (berat molekul) tinggi (seperti protein, lemak, dll), koloid, mikroba, dan padatan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan (Hanum, 2009). Air reklamasi yang dihasilkan berwarna bening, jernih, dan tidak berbau lagi jika dibandingkan dengan *effluent* IPAL sebelum mengalami pengolahan.

Efektivitas Sistem Reklamasi Air Limbah terhadap Konsentrasi BOD₅ dan COD dalam Pengolahan *Effluent* IPAL

Secara keseluruhan, sistem pengolahan air reklamasi pada IPAL Suwung Denpasar yang dimulai dari tahap awal sampai tahap akhir memiliki efektivitas yang tinggi, dimana diperoleh persentase penurunan konsentrasi parameter BOD₅ sebesar 92,98 % dan COD sebesar 85,88 %. Adapun nilai penurunan terhadap konsentrasi BOD₅ dan COD yang terjadi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persen efektivitas perubahan kualitas air sistem reklamasi dalam pengolahan air limbah pada IPAL Suwung Denpasar tahap awal (T₁) sampai akhir (T₄)

No	Parameter	Nilai rata-rata (mg/L)		% Efektivitas
		T ₁	T ₄	
1	BOD ₅	64,3483	4,5170	1
2	COD	78,4560	11,0740	2

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa setiap tahap pengolahan dalam sistem reklamasi air limbah dapat menurunkan konsentrasi BOD₅ dan COD *effluent* IPAL Suwung Denpasar. Sistem reklamasi air limbah secara keseluruhan memiliki efektivitas yang tinggi, dimana persentase penurunan konsentrasi BOD₅ dan COD *effluent* IPAL berturut-turut sebesar 92,98 % dan 85,88 %.

Saran

Proses pengolahan *Inffluent* perlu dioptimalkan agar *effluent* yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik, sehingga *effluent* yang masuk ke sistem reklamasi air limbah menghasilkan air reklamasi yang memiliki mutu lebih baik.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan parameter kualitas air yang lebih banyak dan waktu pengambilan sampel yang lebih representatif untuk mengetahui tingkat efektivitas sistem reklamasi air limbah di IPAL Suwung Denpasar dan mengetahui kualitas air reklamasi yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Sri Wahjuni, M.Ke., Ketut Ratnayani, S.Si., M.Si., I Made Sutha Negara, S.Si., M.Si., dan semua pihak yang telah memberikan masukan-masukan serta telah membantu dari pelaksanaan penelitian hingga penerbitan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BLUPAL, 2007, *Sinergi DSDP dan BLUPAL Dalam Sistem Pengolahan Air Limbah Bali*, Departemen Pekerjaan Umum, Bali
- Boudjada, E., Beghidja, N., dan Bouchol, A., 2011, *Synthesis Of Ethed Organomercuric Derivatives Via Offman And Sand Reaction*, *Journal Chemistry*, 4 (4) : 914-918
- BSN, 2004, *Air dan Air Limbah – Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Yodometri (modifikasi azida)*, SNI 06-6989.14-2004, Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN, 2009, *Air dan Air Limbah – Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oksigent Demand/COD)*, SNI 6989.73:2009, Badan Standar Nasional, Jakarta
- Dirmajeli, R., 2011, *Penentuan Kadar amonia Dalam Udara dengan Metode Nessler menggunakan Spektrofotometer UV-Visible*, *Karya Ilmiah*, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Gunawan, Y., 2006, *Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Sistem Pengolahan Limbah Domestik Waste Water Treatment Plant #48, Studi Kasus di PT Badak NGL Bontang*, *Tesis*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Hanum, F., 2009, *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dari Unit Deoiling Ponds menggunakan Membran Mikrofiltrasi*, *Tesis*, Universitas Sumatra Utara, Medan
- Husin, A. Y., 1988, *Penuntun Analisis Sifat Fisika-Kimia Air*, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ibayati, Y., 2003, *Pintar Biologi 3*, Ganeca, Jakarta
- Jenie, B.S.L., dan Rahayu, W.P., 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, KANISIUS, Yogyakarta
- Khopkar, S. M., 2003, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, a.b. Saptorahardjo, S., Universitas Indonesia Press, Jakarta
- METAWATER, 2011, *Wastewater Reclamation System with Ceramic Membran, Proceeding: Wastewater Reclamation Pilot Scale Test in Southern Bali*, Badan Layanan Umum Pengelolaan Air Limbah, Bali
- Mulder, M., 1996, *Basic Principles of Membran Technology*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands
- Notodarmodjo, S. dan Anne D., 2004, *Penurunan zat organik dan kekeruhan menggunakan teknologi membran ultrafiltrasi dengan sistem aliran Dead-end*, *Proceeding ITB Sains & Tek. Vol 36 A, No. 1*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Departemen Teknik Lingkungan, ITB, Bandung
- PerGub Bali Nomor 8, 2007, *Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup*, Pemerintah Provinsi Bali
- Putra, K.G.D., 2009, *Petunjuk Teknis Pemantauan Kualitas Air*, Udayana University Press, Denpasar

- Saeni, M.S., 1989, *Kimia Lingkungan*, Depdikbud, Ditjen Pendidikan Tinggi PAU, Ilmu Hayat, IPB, Bogor
- Said, M., 2009, Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC), *Jurnal Penelitian Sains*, 0912-08-39
- Salmin, 2005, Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan, *J. Oseana*, XXX (3) : 0216-1877
- Sihaloho, W. S., 2009, Analisis Kandungan Amonia Dari limbah Cair Inlet dan Outlet dari Beberapa Industri Kelapa Sawit, *Karya Ilmiah*, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Sudiarta, I. W., 2008, *Ajar Spektrofotometri UV-Vis*, Diktat Kimia Analitik Instrumental, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bali
- Syafudin, I., 2007, Pengolahan Air, <<http://fisikaedukasi.blogspot.com/>>, 24 Desember 2011
- Wahyuni, I., 2010, Efektifitas Sistem Pengolahan Instalasi Pengolahan Air limbah Suwung Denpasar Terhadap Kadar BOD, COD dan Amonia, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bali
- Waluyo, L., 2009, *Mikrobiologi Lingkungan*, UMM Press, Malang
- Wardhana, W.A., 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)*, Andi, Yogyakarta
- Wenten, I.G., 2001, *Teknologi Membran Industrial*, ITB Press, Bandung