

PENGOLAHAN AIR LIMBAH PEMBANGKIT LISTRIK PT INDONESIA POWER DENGAN METODE FLOTASI DAN BIOFILTRASI SARINGAN PASIR TANAMAN

I Wayan Budiarsa Suyasa, Iryanti Eka Suprihatin, dan I Gusti Ayu Kd Ravika Sugianthi

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah operasional Pembangkit Listrik PT Indonesia Power dengan metode flotasi dan biofiltrasi saringan pasir tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu optimal perlakuan aerasi pada proses flotasi terhadap konsentrasi minyak yang terflotasi pada permukaan bak pengolahan, menentukan waktu tinggal optimal air limbah pada bak pengolahan saringan pasir-tanaman terhadap penurunan konsentrasi minyak dan nilai COD dari sampel air limbah, menentukan kapasitas pengolahan saringan pasir tanaman terhadap penurunan konsentrasi minyak dan nilai COD pada sampel air limbah selama waktu tinggal air limbah pada bak pengolahan dan volume dari bak pengolahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimal aerasi pada proses flotasi adalah 20 menit dengan menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 20.433,33 mg/L (94,60%), sedangkan waktu untuk menurunkan konsentrasi minyak menjadi 450 mg/L adalah 60 menit. Waktu tinggal optimal air limbah pada bak pengolahan saringan pasir tanaman adalah 6 jam dengan menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 366,67 mg/L (81,48%) dan COD sebanyak 50,456 mg/L (51,08%), sedangkan waktu untuk menurunkan konsentrasi minyak menjadi 0 mg/L adalah 36 jam dan COD menjadi 28,084 mg/L adalah 48 jam. Konsentrasi minyak dan nilai COD yang diperoleh dari pengolahan limbah dengan rangkaian cara flotasi dan biofiltrasi saringan pasir tanaman ini telah berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III PerGub Bali No. 8 Tahun 2007 yang nilainya sebesar 1 mg/L dan 50 mg/L. Kapasitas pengolahan saringan pasir tanaman untuk menurunkan konsentrasi minyak yaitu sebesar 8333,33 ppm/m³ jam, sedangkan untuk menurunkan COD kapasitas dari pengolahan saringan pasir tanaman yaitu sebesar 1295,78 ppm/m³ jam.

Kata kunci : Pembangkit listrik, Flotasi, dan Biofiltrasi

ABSTRACT

The research about treatment on PT Indonesia Power waste water from power plant operations by flotation method and biofiltration has been carried out. This research aim to determine the optimal aeration time on the flotation process, the optimal residence time of the biofiltration to decrease the oil content and COD of waste water samples, and the capacity of the biofilter to decrease oil content and COD.

The result of research shows that the optimum timing of aeration in the flotation process is 20 minutes, during which it decreases the oil content by 20.433,33 mg/L (94,60%), whereas the time to reduce the oil content to 450 mg/L is 60 minutes. Optimal residence time of waste water treatment by the sand filters is 6 hours by decreasing the oil contents to 366,67 mg/L (81,48%) and COD to 50,456 mg/L (51,08%). The time needed to reduce the oil content to 0 mg/L is 36 hours and COD to 28,084 mg/L is 48 hours. Oil content and COD of the flotation effluents and sand – biofiltration are below the thres hold of Class III Water Quality Guide lineaccording to PerGub Bali in 2007 (1 mg/L and 50 mg/L respectively). Treatment capacity of sand filter plant to reduce oil content is 8333,33 ppm/m³ hours, while to decrease COD the treatment capacity is 1295,78 ppm/m³ hours.

Keywords : Power Plants, Flotation, and Biofitration.

PENDAHULUAN

Bali yang merupakan daerah pariwisata, banyak industri dibidang pariwisata bermunculan, yang memerlukan listrik yang cukup tinggi. Selain itu, listrik diperlukan dalam kebutuhan rumah tangga, sehingga kebutuhan listrik di Bali kian meningkat. Operasional PLTD di PT Indonesia Power Pesanggaran akan menghasilkan limbah cair baik berupa cecceran minyak yang berasal dari kegiatan pemeliharaan dan air proses regenerasi demin PLTD. PT Indonesia Power merupakan sebuah anak perusahaan PLN yang menjalankan usaha komersial pada bidang pembangkit tenaga listrik yang terletak di Lingkungan Banjar Pesanggaran, Kelurahan Pedungan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar (Dokumen Andal PT Indonesia Power, 2009).

Minyak dalam perairan terutama bersumber dari kegiatan manusia seperti pencucian kapal, kebocoran tangki minyak, kegiatan-kegiatan di pelabuhan, limbah industri, dan sebagainya. Limbah cair yang bercampur dengan minyak ini sangat berbahaya apabila dibuang ke lingkungan tanpa adanya perlakuan khusus. Untuk menghindari hal ini maka diperlukan penanganan khusus dalam mengolah limbah operasional Pembangkit Listrik PT Indonesia Power, khususnya limbah cair yang bercampur dengan minyak.

Pengolahan limbah cair yang mengandung minyak ini haruslah efisien, tidak memerlukan lahan yang luas, ekonomis, serta aman bagi lingkungan. Selain itu, suatu sistem pengolahan limbah harus mampu menurunkan kadar bahan-bahan pencemar dalam air limbah. Baik tidaknya suatu proses pengolahan limbah dapat dinilai dari antara lain : efektifitas penurunan polutan (misal konsentrasi minyak dan COD), efisiensi proses (misal dengan menilai waktu tinggal/*residence time*), dan kapasitas pengolahan (yaitu ukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan dari suatu ekosistem buatan dalam menyerap pencemar).

Adapun sistem flotasi dan biofiltrasi diharapkan mampu mengurangi pencemaran oleh limbah cair bercampur minyak pada Pembangkit Listrik Indonesia Power. Flotasi merupakan

salah satu metode terbaik untuk memisahkan atau menghilangkan minyak teremulsikan pada air limbah. Metode ini mampu bekerja pada konsentrasi minyak 5-100 mg/L (Metcalf, 1991). Biofiltrasi merupakan salah satu proses pengolahan limbah secara biologi seperti menggunakan tanaman sebagai media penyerap limbah. Pengolahan limbah dengan menggunakan sistem biofiltrasi yaitu menggunakan biofilter tanaman teraerasi terbukti efektif dalam meminimalkan bahan-bahan pencemar seperti dalam air limbah pencelupan (Nailufary, 2008).

Mengingat kelebihan kedua sistem tersebut, dalam penelitian ini dikembangkan sistem pengolahan limbah cair Indonesia Power menggunakan sistem flotasi yang dibantu dengan proses aerasi untuk memisahkan minyak dari air limbah industri. Proses aerasi sangat penting terutama pada pengolahan limbah yang proses pengolahannya memanfaatkan bakteri aerob. Bakteri aerob adalah kelompok bakteri yang mutlak memerlukan oksigen bebas untuk proses metabolismenya. Selain diperlukan untuk proses metabolisme bakteri aerob, kehadiran oksigen juga bermanfaat untuk proses oksidasi senyawa-senyawa kimia di dalam air limbah serta untuk menghilangkan bau (Muti, 2010). Kemudian dilanjutkan dengan teknologi biofiltrasi saringan pasir-tanaman. Adapun tanaman yang digunakan dalam metode biofiltrasi saringan pasir tanaman adalah tanaman rumput bermuda (*Cynododn dactylon L*). Dipilihnya tanaman ini karena selain harganya relatif murah, juga merupakan tanaman hias dan mudah tumbuh pada iklim tropis. Sistem pengolahan yang diteliti ini merupakan pengembangan dari pengolahan limbah pencelupan dengan metode saringan pasir-tanaman (Zain, 2005) dan metode biofiltrasi tanaman dengan sistem batch teraerasi (Nailufary, 2008).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain: sampel air limbah dari limbah operasional PT Indonesia Power,

tanaman rumput Bermuda, pasir, H_2SO_4 , $K_2Cr_2O_7$, reagen perak sulfat-asam sulfat, indikator feroin, larutan $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$, *n*-heksana, Na_2SO_4 anhidrat.

Peralatan

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain : bak kaca, jerigen, aerator, seperangkat alat refluks, buret, statif, alat-alat gelas, kertas saring, timbangan analitik, desikator.

Cara Kerja

Penyiapan Sampel

Sampling Air Limbah

Sampel air limbah diambil dari inlet IPAL (instalasi pengolahan air limbah) pada PT Indonesia Power di Jalan By Pass I Gusti Ngurah Rai No. 535 Pesanggaran Denpasar. Air limbah diambil menggunakan gayung, kemudian dituang ke dalam jerigen plastik dengan kapasitas 30 liter.

Penyediaan Tanaman untuk Proses Biofiltrasi

Tanaman yang digunakan adalah rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), diperbanyak dengan pembibitan. Bibit rumput yang diperoleh kemudian ditanam di tanah yang dicampur pasir selama ± 1 bulan. Untuk konstruksi unit saringan pasir-tanaman (SPT), unit pengolahan terdiri dari sebuah tempat semaian yang wadahnya terbuat dari kaca dengan ukuran 60 cm x 60 cm x 30 cm dan dilengkapi dengan tabung tempat keluaran air. Bak kaca tersebut diisi dengan batu koral setinggi 5 cm kemudian di atasnya diisi campuran pasir dan sedikit tanah setinggi 10 cm. Pada lapisan pasir ini akan ditanam tumbuhan rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), yang banyaknya disesuaikan dengan panjang dan lebar akar yang memungkinkan sebagian besar lapisan itu terisi oleh risosfir. Tanaman ini diadaptasikan selama ± 2 minggu.

Penentuan waktu optimal sistem pengolahan limbah dengan metode flotasi dan biofiltrasi saringan pasir-tanaman

Pemeriksaan awal

Air limbah dari inlet IPAL pada PT Indonesia Power ditampung dalam sebuah

wadah. Sampel tersebut diamati langsung warna dan baunya. Selanjutnya limbah tersebut dianalisis konsentrasi minyak dan CODnya.

Pengolahan air limbah dari operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power dengan metode flotasi

Sebanyak ± 15 liter sampel dari air limbah yang sama ditempatkan dalam bak kaca. Sampel air limbah diaerasi menggunakan aerator dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Cemarannya minyak yang terflotasi kemudian diambil dan diukur volumenya. Data yang diperoleh diplot antara konsentrasi minyak dalam sampel air limbah yang diflotasi dengan waktu pengukuran. Dari kurva yang dibuat dapat ditentukan waktu aerasi optimum. Efluen digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya yaitu pengolahan air limbah dengan metode biofiltrasi (saringan pasir-tanaman).

Pengolahan air limbah dari operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power dengan metode biofiltrasi saringan pasir-tanaman

Bak kaca berukuran 60 cm x 60 cm x 30 cm lengkap dengan rumput yang telah diadaptasikan selama 2 minggu dan tabung tempat keluaran air limbah disiapkan. Sebanyak ± 10 liter air limbah yang telah diaerasi pada proses sebelumnya yaitu *output*/efluen limbah waktu optimum ditambahkan ke dalam bak kaca tersebut. Limbah dibiarkan selama 24 jam.

Pengamatan dilakukan dengan mengukur konsentrasi minyak dan nilai COD pada jam ke-6, 12, 18, 24, 36, dan 48 setelah dibiarkan 24 jam. Sampling dilakukan dari keluaran air pada bak kaca. Sampel kemudian diidentifikasi warna dan baunya, kemudian dianalisis konsentrasi minyak dan CODnya.

Data yang diperoleh dari pengukuran konsentrasi minyak dan nilai COD dalam sampel air limbah kemudian diplot dengan waktu tinggal (6, 12, 18, 24, 36, dan 48 jam setelah dibiarkan 24 jam) sehingga diperoleh kurva yang menunjukkan kemampuan maksimal dari bak pengolahan saringan pasir-tanaman yang digunakan dalam menurunkan konsentrasi minyak dan nilai COD dalam sampel air limbah operasional PT Indonesia Power. Kurva dibuat dengan ketentuan garis x menunjukkan waktu

pengolahan (t) dan garis y menunjukkan konsentrasi minyak atau nilai COD.

Penentuan kapasitas pengolahan saringan pasir tanaman

Kapasitas pengolahan ditentukan untuk waktu tinggal yang menghasilkan efektifitas tertinggi dari ekosistem buatan dalam menurunkan kadar pencemar.

Adapun secara matematis efektifitas dan kapasitas pengolahan dari ekosistem buatan dalam menurunkan kadar limbah dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\% \text{ Efektifitas} = \frac{(Q_0 - Q_t)}{Q_0} \times 100\%$$

Keterangan :

Q_a = nilai COD awal; konsentrasi minyak awal

Q_t = nilai COD akhir; konsentrasi minyak akhir (pada waktu tertentu)

$$\text{Kapasitas} = \frac{(A - B) \text{ ppm}}{V \cdot t_R}$$

Ket : A = konsentrasi minyak awal ; nilai COD awal (ppm)

B = konsentrasi minyak akhir ; nilai COD akhir (ppm) (dengan waktu tinggal yang paling efektif)

V = volume ekosistem buatan (m³)

t_R = waktu tinggal (jam)

Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD)

Prosedur penentuan COD

Sebanyak 25,0 mL sampel limbah cair dipipet kedalam labu refluks kemudian ditambah 0,4 g HgSO₄ ; 10,0 mL K₂Cr₂O₇ 0,025 N ; 25,0 mL larutan Ag₂SO₄-H₂SO₄ dan beberapa batu didih, selanjutnya larutan dikocok. Air pendingin dialirkan melalui kondensor. Kemudian larutan dalam labu refluks dididihkan di atas penangas (proses refluks) selama 2 jam. Setelah 2 jam, sampel didinginkan lalu ditambah akuades sampai volumenya kira-kira 150 mL. Selanjutnya sampel ditambah 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 blanko (SNI 06-6989.15-2004).

Perhitungan COD :

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{volume sampel}}$$

Keterangan :

a = volume Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ untuk blanko (mL)

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

N = Normalitas larutan Fe(NH₄)₂(SO₄)₂

Penentuan konsentrasi minyak

Sebanyak 250 mL sampel dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambah 15 mL pelarut n-heksana. Larutan dikocok dengan kuat selama 2 menit dan lapisan dibiarkan memisah. Lapisan n-heksana dipindahkan ke dalam labu bersih dan kering yang telah ditimbang. Lapisan air diekstraksi 2 kali lagi dengan pelarut 15 mL tiap kalinya, dimana sebelumnya wadah contoh uji dicuci dengan tiap bagian pelarut. Ekstrak dalam labu destilasi yang telah ditimbang digabung dan dikocok dengan 3 g Na₂SO₄ anhidrat, disaring. Kemudian dibilas dengan 20 mL pelarut n-heksana. Pelarut didestilasi dalam penangas air pada suhu 85°C. Saat terlihat kondensasi pelarut berhenti, labu dipindahkan dari penangas air, kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan labu ditimbang sampai diperoleh berat tetap (SNI 06-6989.10-2004).

Perhitungan konsentrasi minyak :

$$\text{Konsentrasi Minyak (mg/L)} = \frac{a-b}{\text{mL sampel}} \times 1000$$

Keterangan :

a = berat labu + sampel (mg)

b = berat labu kosong (mg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah Operasional Pembangkit Listrik PT Indonesia Power

Sampel air limbah pada penelitian ini berasal dari inlet IPAL PT Indonesia Power.

Secara fisik keadaan air limbah pada saat pengambilan dapat diidentifikasi sebagai berikut :

- berwarna hitam
- terdapat cairan minyak yang sangat pekat dan berwarna hitam pekat
- berbau tajam seperti solar

Hasil analisis sampel air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power menunjukkan nilai COD dan konsentrasi minyak yang tinggi. Hal tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis awal air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power

No	Parameter	Hasil analisis (mg/L)	Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007) (mg/L)
1.	COD	122,094	50
2.	Konsetrasi minyak	21.600,00	1

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa konsentrasi minyak dan COD air limbah operasional Pembangkit Listrik PT Indonesia Power jauh melebihi Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007).

Karakteristik limbah yang seperti itu tentu sangat membahayakan apabila dibuang begitu saja ke lingkungan terutama ke perairan. Bau dan warna yang ditimbulkan oleh limbah akan menurunkan kualitas air. Air limbah tersebut mengandung minyak yang berwarna hitam pekat dimana minyak akan mengapung diatas air dan menutupi perairan sehingga akan menghambat masuknya oksigen ke perairan. Rendahnya oksigen terlarut menunjukkan tingginya kegiatan biologis terutama bagi mikroba dalam mendegradasi senyawa-senyawa dalam air limbah. Tingginya bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah ditunjukkan dengan tingginya nilai COD yaitu sebesar 122,094 mg/L. Nilai COD dari hasil analisis ini berada jauh diatas Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007).

Konsentrasi minyak yang tinggi yaitu sebesar 21.600 mg/L juga jauh melebihi Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007). Hal ini disebabkan air limbah yang dihasilkan lebih banyak berasal dari kegiatan pengoperasian pembangkit PLTD dan PLTG serta berasal dari limbah minyak kotor yang terbuang karena adanya kegiatan pencucian pada mesin dan kegiatan bersih-bersih (pengelapan) pada mesin diesel (kegiatan pemeliharaan mesin).

Waktu Aerasi Optimal dalam Penurunan Konsentrasi Minyak

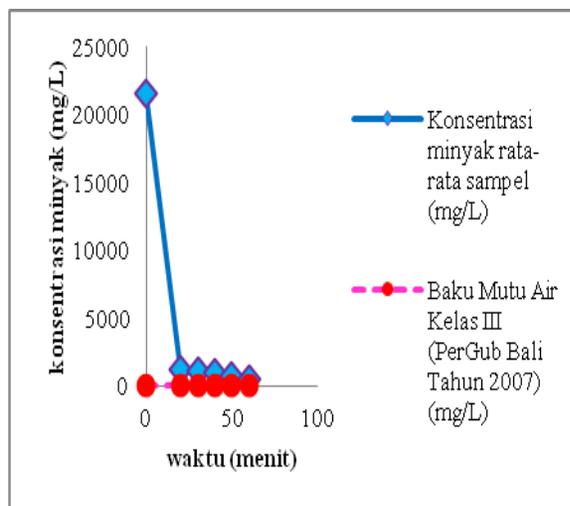
Penurunan konsentrasi minyak sampel air limbah yang sudah diaerasi pada proses flotasi selama 1 jam perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Minyak Selama 1 jam Aerasi

Waktu (menit)	Konsentrasi minyak rata-rata sampel (mg/L)	Penurunan konsentrasi minyak (mg/L)
0	21.600,00	-
20	1166,67	20.433,33
30	1050,00	116,67
40	916,67	133,33
50	733,33	183,34
60	450,00	283,83

Berdasarkan Tabel 2 terjadi penurunan konsentrasi minyak rata-rata sampel dari menit ke 0 sampai menit ke 60, dimana terlihat bahwa semakin lama waktu pengolahan maka konsentrasi minyak juga semakin menurun. Hal ini disebabkan proses aerasi memberikan tekanan dimana gelembung udara akan mengikat partikel padat (solid) serta minyak untuk didorong ke permukaan bak pengolahan. Proses interaksi minyak dengan gelembung udara adalah berdasarkan asas polaritas, dimana minyak yang mempunyai sifat hidrofobik pada molekulnya akan stabil pada gelembung udara di dalam air yang kemudian bergerak ke permukaan pada bak pengolahan (Mukimin, 2006). Jadi semakin lama waktu yang diperlukan untuk proses aerasi maka semakin banyak minyak yang terflotasi sehingga semakin kecil konsentrasi

minyak yang terkandung dalam sampel air limbah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penurunan konsentrasi minyak pada proses flotasi

Pada menit ke 20 terjadi penurunan konsentrasi minyak yang sangat tajam yaitu dari 21.600 mg/L menjadi 1166,67 mg/L. Pada menit ke 30, 40, 50, dan 60 konsentrasi minyak menurun seiring dengan bertambahnya waktu pengolahan. Namun jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007), konsentrasi minyak pada proses ini masih jauh melampaui Baku Mutu Air Kelas III yaitu sekitar 1 mg/L.

Waktu optimal penurunan terjadi pada menit ke 20 yaitu dari 21.600 mg/L menjadi 1166,67 mg/L. Hal ini dapat dilihat pada grafik diatas dimana penurunan konsentrasi minyak yang paling tajam terjadi pada menit ke 20 yaitu mampu menurunkan konsentrasi minyak hingga 20.433,33 mg/L (turun sebanyak 94,60%). Namun, karena konsentrasi minyak pada proses aerasi pada menit ke 20 masih jauh melampaui baku mutu serta warna limbah yang masih hitam dan keruh maka proses aerasi dilanjutkan sampai menit ke 60. Selanjutnya konsentrasi minyak turun secara bertahap dengan penurunan sebesar 100 sampai 300 mg/L dan konsentrasi minyak terendah diperoleh pada waktu perlakuan 60 menit yaitu sebesar 450 mg/L dan memungkinkan untuk diolah dengan biofiltrasi saringan pasir tanaman.

Waktu Optimal Proses Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman dalam Menurunkan Konsentrasi Minyak dan Nilai COD dari Sampel Air Limbah

Penurunan konsentrasi minyak oleh biofiltrasi saringan pasir tanaman

Secara umum, konsentrasi minyak mengalami perubahan selama waktu pengolahan. Konsentrasi minyak terendah diperoleh pada waktu pengolahan 36 dan 48 jam yaitu 0 ppm. Kemampuan proses biofiltrasi saringan pasir tanaman dalam menurunkan konsentrasi minyak dari air limbah operasional Pembangkit Listrik PT Indonesia Power selama 48 jam perlakuan disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Konsentrasi Minyak Selama 48 jam Biofiltrasi

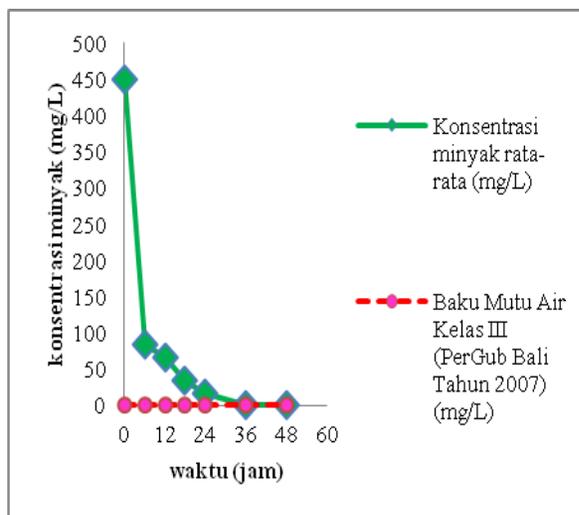
Waktu (Jam)	Konsentrasi minyak rata-rata (mg/L)	Penurunan konsentrasi minyak (mg/L)
0	450	-
6	83,33	366,67
12	66,67	16,66
18	33,33	33,34
24	16,67	16,66
36	0	16,67
48	0	0

Keterangan :

Konsentrasi minyak maksimum yang dibolehkan berdasarkan Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007) : 1 mg/L.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi minyak seiring dengan bertambahnya waktu tinggal (*residence time*) air limbah. Dari data tersebut maka jelas bahwa waktu yang diperlukan untuk menurunkan konsentrasi minyak dengan proses biofiltrasi saringan pasir tanaman sampai dibawah baku mutu adalah 36 jam. Hal ini diduga disebabkan oleh interaksi yang baik antara mikroba dan tanaman rumput Bermuda. Tanaman menyerap bahan-bahan organik untuk kelangsungan hidupnya sedangkan risosfir merupakan media yang baik untuk pertumbuhan

mikroba. Kegiatan mikroba mendegradasi bahan-bahan pencemar seperti minyak akan menghasilkan senyawa yang lebih mudah diserap oleh akar. Dengan waktu tinggal selama 36 jam, sistem biofiltrasi saringan tanaman mampu mendegradasi minyak hingga konsentrasinya menjadi 0 mg/L. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Grafik Penurunan Konsentrasi Minyak pada Proses Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman

Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Kelas III, konsentrasi minyak pada waktu tinggal air limbah selama 6, 12, dan 18 jam masih jauh diatas baku mutu. Sedangkan pada jam ke 24 konsentrasi minyak sudah hampir mendekati baku mutu yaitu sebesar 16,67 mg/L. Setelah 36 jam perlakuan, konsentrasi minyak turun menjadi 0 mg/L dan berada dibawah Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007) yaitu 1 mg/L. Waktu optimal dalam menurunkan konsentrasi minyak pada proses ini adalah selama 6 jam. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2, dimana penurunan konsentrasi minyak yang paling tajam terjadi pada jam ke 6 yaitu mampu menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 366,67 mg/L (turun sebanyak 81,48%).

Penurunan COD oleh biofiltrasi saringan pasir tanaman

Kemampuan proses biofiltrasi saringan pasir tanaman dalam menurunkan nilai COD air limbah operasional Pembangkit Listrik PT

Indonesia Power selama 48 jam perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penurunan Nilai COD Selama 48 jam Perlakuan

Waktu (jam)	Nilai COD rata-rata (mg/L)	Penurunan nilai COD (mg/L)
0	98,770	-
6	48,314	50,456
12	42,126	6,188
18	34,558	7,568
24	42,364	-
36	63,308	-
48	28,798	34,510

Keterangan :

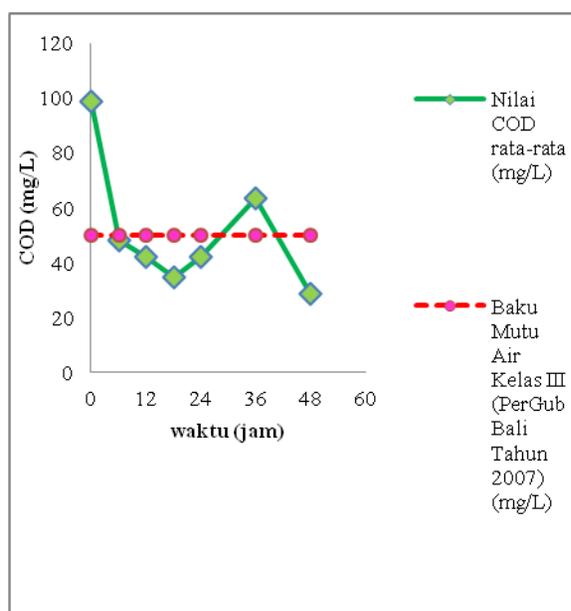
Nilai COD maksimum yang dibolehkan berdasarkan Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007) : 50 mg/L.

Berdasarkan Tabel 4 terjadi penurunan nilai COD setelah 6 jam perlakuan pada sampel yaitu dari 98,77 mg/L menjadi 48,314 mg/L. Demikian juga pada waktu tinggal air limbah pada jam ke 12 dan 18 menjadi 42,126 mg/L dan 34,558 mg/L. Penurunan COD pada saat pengolahan kemungkinan disebabkan adanya senyawa-senyawa kompleks yang terdapat dalam air limbah telah terdegradasi menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga nilai COD menurun seiring dengan bertambahnya waktu tinggal air limbah dalam ekosistem buatan tersebut.

Namun, pada jam ke 24 dan 36 terjadi kenaikan nilai COD menjadi 42,364 mg/L dan 63,308 mg/L. Hal ini kemungkinan disebabkan senyawa-senyawa yang terlibat dalam proses degradasi menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih sederhana yang dapat mempengaruhi nilai COD. Misalnya, minyak bumi yang salah satu senyawa penyusunnya adalah senyawa hidrokarbon rantai panjang akan dioksidasi membentuk senyawa asam lemak. Prosesnya yaitu *n*-alkana mengalami reaksi oksidasi membentuk alkohol primer dengan bantuan enzim oksigenase. Alkohol akan dioksidasi lebih lanjut menjadi aldehida, kemudian akhirnya dihasilkan asam lemak dan asetil koenzim A. Senyawa antara asetil CoA akan masuk ke dalam siklus Krebs, rantai karbon akan berkurang dari

C_n menjadi C_{n-2} yang terus berlanjut sampai molekul hidrokarbon teroksidasi (Atlas & Bartha, 1992).

Pada proses oksidasi ini akan memerlukan oksigen sehingga dapat menaikkan nilai COD. Selain itu, kemungkinan pada saat pemecahan asam lemak akan menghasilkan beberapa senyawa asetil CoA yang juga dapat mempengaruhi nilai COD. Selanjutnya, apabila senyawa-senyawa tersebut sudah terdegradasi secara sempurna maka nilai COD akan menurun. Hal ini dapat dilihat pada jam ke 48, nilai COD menurun menjadi 28,798 mg/L. Setelah 48 jam, senyawa kompleks yang terkandung pada air limbah sudah terdegradasi menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme disekitar akar maupun akar tanaman itu sendiri. Perubahan COD selama proses biofiltrasi dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. COD Sampel setelah Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman

Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Kelas III (Pergub Bali Tahun 2007), nilai COD pada waktu tinggal air limbah selama 6 jam sudah berada di bawah baku mutu yaitu sebesar 48,314mg/L. Demikian juga nilai COD dengan waktu tinggal air limbah selama 12, 18, dan 24 jam berada dibawah baku. Setelah 48 jam perlakuan, nilai COD turun menjadi 28,798

mg/L dan berada jauh dibawah Baku Mutu Air Kelas III yaitu 50 mg/L, sehingga waktu yang diperlukan untuk menurunkan COD sampai jauh dibawah baku mutu pada proses ini adalah 48 jam. Sedangkan waktu optimal dalam menurunkan COD pada proses ini adalah 6 jam. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3, dimana penurunan COD yang paling tajam terjadi pada jam ke 6 yaitu mampu menurunkan COD sebanyak 50,456 mg/L (turun sebanyak 51,08%).

Kapasitas Pengolahan Sistem Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman dalam Menurunkan Konsentrasi Minyak dan COD

Efektifitas dari pengolahan limbah dengan metode biofiltrasi saringan pasir tanaman dalam menurunkan konsentrasi minyak dan COD disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Efektifitas (%) Penurunan Konsentrasi Minyak dan COD

Waktu (Jam)	Efektifitas (%) penurunan konsentrasi minyak	Efektifitas (%) penurunan nilai COD
6	81,48	51,08
12	85,18	57,35
18	92,59	65,01
24	96,30	57,11
36	100,00	35,90
48	100,00	70,84

Keterangan :

Ef. perlakuan: $\frac{\text{influen} - \text{efluen}}{\text{influen}} \times 100\%$

Ef.std: $\frac{\text{influen} - \text{efluen sesuai baku mutu}}{\text{influen}} \times 100\%$

Efektifitas standar untuk konsentrasi minyak = 97,78 %

Efektifitas standar untuk nilai COD = 49,38 %

Berdasarkan tabel diatas, efektifitas penurunan konsentrasi minyak terbaik pada proses biofiltrasi saringan pasir tanaman terjadi pada waktu tinggal air limbah selama 36 jam. Hal ini ditunjukkan dengan % efektifitas yang mencapai 100% dan berada di atas efektifitas standar, sehingga dapat dikatakan pengolahan paling efektif dilakukan selama 36 jam untuk menurunkan konsentrasi minyak hingga 100%. Sedangkan untuk menurunkan nilai COD,

diperlukan waktu tinggal air limbah yang lebih lama yaitu selama 48 jam. Hal ini ditunjukkan dengan % efektifitas yang mencapai 70,84% dan berada diatas Baku Mutu Air Kelas III.

Berdasarkan efektifitas pengolahan limbah tersebut maka dapat ditentukan kapasitas maksimum dari bak pengolahan biofiltrasi saringan pasir tanaman dalam menurunkan konsentrasi minyak dan COD. Untuk menurunkan konsentrasi minyak oleh bak pengolahan saringan pasir tanaman (ekosistem buatan), diperoleh kapasitas maksimum sebesar 8333,33 ppm/ m³ jam. Jadi selama waktu tinggal air limbah 36 jam 1 m³ bak pengolahan saringan pasir tanaman (ekosistem buatan) mampu menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 8333,33 ppm/jam. Sedangkan untuk menurunkan COD, bak pengolahan saringan pasir tanaman (ekosistem buatan) mempunyai kapasitas maksimum sebesar 1295,78 ppm/m³ jam. Jadi selama waktu tinggal air limbah 48 jam, 1 m³ bak pengolahan saringan pasir tanaman (ekosistem buatan) mampu menurunkan COD sebanyak 1295,78 ppm/jam.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Waktu optimal aerasi pada proses flotasi adalah 20 menit dengan menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 20.433,33 mg/L (94,60%), sedangkan waktu yang diperlukan untuk menurunkan konsentrasi minyak menjadi 450 mg/L adalah 60 menit.
2. Waktu tinggal optimal air limbah pada bak pengolahan saringan pasir tanaman adalah 6 jam dengan menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 366,67 mg/L (81,48%) dan COD sebanyak 50,456 mg/L (51,08%), sedangkan waktu yang diperlukan untuk menurunkan konsentrasi minyak menjadi 0 mg/L adalah 36 jam dan COD menjadi 28,084 mg/L adalah 48 jam.
3. Kapasitas pengolahan saringan pasir tanaman untuk menurunkan konsentrasi minyak adalah 8333,33 ppm/m³ jam, sedangkan untuk

menurunkan COD kapasitas pengolahan saringan pasir tanaman adalah 1295,78 ppm/m³ jam.

Saran

1. Perlu dilakukan perbaikan konstruksi desain saringan agar mempermudah dalam sampling air limbah.
2. Perlu dilakukan pembesaran skala (skala-up) untuk kinerja alat dan bak pengolahan pada proses flotasi dan biofiltrasi saringan pasir tanaman sebelum diaplikasikan pada PT Indonesia Power.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis dan jumlah mikroba/bakteri yang dominan berperan dalam proses biodegradasi molekul-molekul minyak dan penurunan beban pencemar (COD) pada proses biofiltrasi saringan pasir tanaman

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas saran dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, R., M. and R. Bartha, 1992, *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*, Third Ed. The Benjamin/Cumming Pub. Co., Inc. Redwood City, California, h. 11-13
- Metcalf, Eddy, 1991, *Waste Water Engineering : Treatment Disposal Reuse*. 3rd Edition, McGraw-Hill Publishing Company LTD, New York
- Mukimin, A., 2006, *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flokulasi*, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang
- Muti, 12 Agustus 2010, <http://www.airlimbah.com/2010/08/12/aerasi-di-dalam-pengolahan-air-limbah-cair>, 23-02-2011
- Nailufary, L., 2008, *Pengolahan Air Limbah Pencelupan Tekstil Menggunakan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea crassicaulis) dalam Sistem*

- Batch (Curah) Teraerasi, *Skripsi*, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran
- Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana, 2009, *Dokumen Andal PT Indonesia Power*, PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Bali, Denpasar
- SNI 06-6989.10-2004, *Air dan Air Limbah-Bagian 10 : Cara Uji Minyak dan Lemak secara Gravimetri*, Badan Standarisasi Nasional, 29-03-2011
- SNI 06-6989.15-2004, *Air dan Air Limbah-Bagian 15 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) Refluks Terbuka dengan Refluks Terbuka secara Titrimetri*, Badan Standarisasi Nasional, 29-03-2011
- Zain, Zerlita., 2005, *Pengolahan Limbah Pencelupan dengan Sistem Saringan Pasir-Tanaman (SPT)*, *Skripsi*, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran