
PENURUNAN KADAR MINYAK DAN COD AIR LIMBAH OPERASIONAL PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN FLOTASI DAN LUMPUR AKTIF

I Wayan Budiarsa Suyasa¹⁾, I Made Arsa²⁾

¹⁾Program Magister Ilmu Lingkungan PPS Unud

²⁾Jurusan Kimia FMIPA Unud

Abstract

Research about treatment of waste water power plant operation of PT Indonesia Power at Denpasar with the flotation and activated sludge method has been carried out. The objective of research is determine optimum treatment time in flotation and activated sludge to decrease oil and COD content of wastewater. In the flotation stage, 8 liters of waste water power plant operation of PT Indonesia Power aerated by aerators for 60 minutes. After the flotation treatment waste water treated by activated sludge method for 24 hours. The results of research showed that the time of treatment in the 60th minute the flotation process capable to reduce the oil contents reach 450 mg/L with the treatment effectiveness of 97,92%. At the time of treatment in the 24 hours, the activated sludge process has been able to reduce the oil content reach 0 mg/L with treatment effectiveness is 100% and reduce COD value reach 27,63 mg/L with the treatment effectiveness of 70,59%. Oil content and COD value obtained from are effluent of flotation and activated sludge below Class III Water Quality according to PerGub Bali Number 8 in 2007 (1 mg/L and 50 mg/L respectively).

Keywords : Flotation, Activated Sludge, Oil and COD content

1. Pendahuluan

Kegiatan pengoperasian pembangkit listrik PT Indonesia Power yang menggunakan bahan bakar berupa *Marine Fuel Oil* (MFO), *High Speed Diesel* (HSD) dan Bahan Bakar Gas (BBG) akan menghasilkan limbah cair berupa *sludge* dan cairan minyak dari campuran sisa MFO, air maupun minyak pelumas oli yang berasal dari kegiatan pemeliharaan dan air proses regenerasi demin PLTD. Selain itu pengoperasian PLTD dengan bahan bakar MFO membutuhkan jumlah air yang lebih banyak sehingga air limbah yang dihasilkan meningkat dengan beban pencemar yang meningkat pula. Beban pencemar yang terkandung dalam limbah tersebut ditunjukkan dengan beberapa parameter seperti: TDS, TSS, pH, logam-logam (Fe, Zn, Cr total, Cd, dan Hg), sulfida, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), fenol, minyak dan lemak (PPLH Unud, 2009). Minyak dan COD merupakan karakter dominan air limbah operasional pembangkit

listrik PT Indonesia Power. Hal ini disebabkan oleh pengoperasian dan pemeliharaan mesin-mesin pembangkit dengan bahan baku utama minyak dan bahan-bahan kimia yang meningkatkan kandungan minyak serta COD dalam limbah. Selain itu jika mengacu pada Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007 maka kadar minyak yang tidak terdata (ttd) dan nilai COD air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power sebesar 130,38 mg/L berada di atas baku mutu yang nilainya sebesar 1 mg/L dan 50 mg/L. Belum adanya pengolahan limbah yang digunakan dalam menurunkan kadar bahan pencemar yang dihasilkan dan mengingat *out put* dari pengolahan tersebut yang dibuang langsung ke lingkungan menyebabkan diperlukannya solusi pengolahan limbah yang efektif untuk mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power. Oleh sebab itu pada penelitian ini dikembangkan metode pengolahan air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power

dengan rangkaian cara flotasi dan lumpur aktif.

Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Menentukan waktu optimal perlakuan aerasi terhadap kadar minyak dari sampel air limbah yang sudah diflotasi, 2) Menentukan waktu optimal reaksi lumpur aktif terhadap kadar minyak dan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari sampel air limbah dan 3) Mengetahui efektifitas penurunan kadar minyak dan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) sampel limbah pada perlakuan flotasi dan lumpur aktif.

2. Materi dan Metode

Bahan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sedimen Hutan Mangrove, air limbah PT Indonesia Power, akuades, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$, $C_6H_{12}O_6$, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , $K_2Cr_2O_7$, 0,025 N, larutan $Ag_2SO_4-H_2SO_4$, larutan $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ 0,1N, indikator ferroin, $HgSO_4$, batu didih, Na_2SO_4 anhidrat dan n-heksana. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak pengolahan dari kaca dengan volume 20 liter, timbangan, alat-alat gelas, aerator, seperangkat alat destilasi, dan corong pisah (Gelent, W., 2010).

Sumber Bibit

Sampel tanah digunakan sebagai bibit lumpur aktif diambil di kawasan Hutan Mangrove. Sedimen diambil sebanyak ± 15 gram menggunakan serokan dengan kedalaman ± 10 cm dari permukaan dasar. Sedimen diambil di tiga titik yaitu bagian sisi kiri, tengah dan kanan areal Hutan Mangrove kemudian dicampur menjadi satu dengan asumsi dapat mewakili keseluruhan lokasi Hutan mangrove, selanjutnya diletakkan sementara dalam kantong plastik klip dan disimpan dalam cool box (Dewi, C.A., 2010).

Seeding sedimen

Media *seeding* atau pembibitan dibuat dengan mencampurkan sebanyak 1500 mL media cair yang sudah dibuat sebelumnya dengan $\pm 2,5$ gram sedimen yang diambil dari Hutan Mangrove ke dalam gelas beker 2 liter. Campuran selanjutnya diaerasi dengan aerator lalu ditutup dengan kain kasa dan diikat dengan karet gelang selama 1 hari. Media *seeding* yang sudah siap kemudian digunakan untuk mengolah air limbah dari operasional pembangkit listrik Indonesia Power.

Penentuan waktu optimal perlakuan aerasi terhadap kadar minyak dari sampel air limbah yang sudah diflotasi.

Sebanyak 8 L sampel air limbah yang diambil dari bak penampungan PT Indonesia Power dimasukkan ke dalam bak kaca dengan volume 20 liter. Bak pengolahan selanjutnya diaerasi dengan aerator sehingga minyak yang tercampur di dalam air limbah akan diapungkan dipermukaan. Minyak yang mengapung dipisahkan, sedangkan untuk sampel air yang sudah diflotasi dilakukan pengukuran kadar minyak. Pengukuran kadar minyak dari sampel air limbah yang sudah diflotasi dilakukan pada menit ke-20, 30, 40, 50, dan 60. Data yang diperoleh kemudian diplot antara kadar minyak dalam sampel air limbah yang sudah diflotasi dengan waktu pengukuran (menit). Dari kurva yang dibuat dapat ditentukan waktu aerasi optimal dengan metode flotasi dalam menurunkan kadar minyak sampel air limbah PT Indonesia Power. Sampel air limbah yang sudah diflotasi selanjutnya digunakan pada proses lumpur aktif.

Penentuan waktu optimal reaksi lumpur aktif terhadap kadar minyak dan nilai *chemical oxygen demand* (COD) dari sampel air limbah.

Disiapkan 3 buah bak kaca dengan volume 20 liter. Masing-masing bak kaca kemudian diberi kode I, II, dan III. Pada bak I dan II dimasukkan 500 mL larutan bibit dari proses *seeding*. Sampel air limbah yang sudah melalui tahap flotasi kemudian ditambahkan ke dalam bak I dan II sampai volume totalnya menjadi 2500 mL. Pada bak ke III yang digunakan sebagai kontrol, dimasukkan air limbah sebanyak 2500 mL. Ketiga bak selanjutnya diaerasi dengan aerator dan ditutup menggunakan kain kasa lalu diikat dengan tali. Setelah 24 jam dilakukan pengukuran kadar minyak dan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dimana selang waktu pengukuran selanjutnya dilakukan pada jam ke- 4, 9, 14, 19 dan 24. Data yang diperoleh dari pengukuran kadar minyak dan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam sampel air limbah kemudian diplot dengan waktu pengukuran (jam) sehingga diperoleh kurva yang dapat menunjukkan waktu aerasi optimal serta efektivitas pengolahan lumpur aktif yang digunakan dalam menurunkan kadar minyak dan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) sampel air limbah PT Indonesia Power.

Pengukuran efektifitas perlakuan ditentukan dengan rumus :

$$\% \text{ efektifitas} = \frac{(Q_0 - Q_a)}{Q_0} \times 100\%$$

dan dibandingkan dengan baku mutu sesuai peruntukan dengan persamaan :

$$Q_a - BM \quad (BM < Q_a)$$

Keterangan :

Q_0 = nilai COD awal ; kadar minyak awal

Q_a = nilai COD akhir ; kadar minyak akhir

BM = Baku Mutu Air Kelas III PerGub Bali No. 8 Tahun 2007

3. Hasil dan Pembahasan

Sampel air limbah pembangkit listrik PT Indonesia Power yang akan diolah berwarna hitam berminyak dan berbau oli bekas. Setelah dianalisis memiliki kadar minyak 21.600 mg/L dan kandungan COD sebesar 123 mg/L

3.1 Pengaruh waktu perlakuan aerasi terhadap penurunan kadar minyak sampel air limbah yang sudah diflotasi

Flotasi merupakan salah satu metode terbaik untuk memisahkan atau menghilangkan minyak teremulsikan pada air limbah. Minyak akan terflotasi karena tekanan udara dan reaksi dengan oksigen. Pengaruh waktu perlakuan aerasi terhadap penurunan kadar minyak disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Waktu Perlakuan Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Minyak

Waktu (menit)	Kadar minyak sampel(mg/L)	Baku Mutu *) (mg/L)
0	21.600	1
20	1.300	1
30	1.150	1
40	950	1
50	750	1
60	450	1

Keterangan :

Sampel : air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power.

*) : Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007

Penurunan kadar minyak yang tajam tersebut disebabkan oleh banyaknya minyak yang terflotasi atau terpisahkan selama perlakuan. Selanjutnya kadar minyak turun secara bertahap dengan penurunan dengan selisih antara 200 sampai 300 mg/L dan kadar minyak terendah diperoleh 450 mg/L pada waktu perlakuan 60 menit. Terjadinya penurunan kadar minyak selama proses flotasi disebabkan oleh adanya tekanan udara yang diberikan dari perlakuan aerasi sehingga gelembung udara mengikat partikel minyak untuk didorong ke permukaan bak pengolahan (Budianto, H., 2007). Minyak yang terflotasi selanjutnya dipisahkan sehingga kadar minyak dalam air limbah berkurang seiring dengan bertambahnya waktu perlakuan. Efektifitas perlakuan aerasi terhadap penurunan kadar minyak disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektifitas Perlakuan Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Minyak

Waktu perlakuan (menit)	Kadar minyak sampel (mg/L)	Efektifitas perlakuan (%)	Efektifitas standar (%)
20	1.300	93,98	99,99
30	1150	94,67	99,99
40	950	95,60	99,99
50	750	96,53	99,99
60	450	97,92	99,99

Keterangan :

Efektifitas perlakuan:

$$\frac{\text{kadar minyak awal} - \text{kadar minyak waktu perlakuan}}{\text{kadar minyak awal}} \times 100\%$$

Efektifitas standar :

$$\frac{\text{kadar minyak awal} - \text{kadar minyak sesuai baku mutu}}{\text{kadar minyak awal}} \times 100\%$$

Efektifitas perlakuan aerasi terhadap penurunan kadar minyak meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Efektifitas perlakuan yang paling tinggi terjadi pada menit ke-60 dengan persentase sebesar 97,92%. Jika dibandingkan dengan efektifitas standar, persentase efektifitas pada menit ke-60 tidak berbeda jauh dengan persentase efektifitas standar. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 60 menit dengan efektifitas perlakuan sebesar 97,92% dan penurunan

kadar minyak yang mencapai 21.150 mg/L (dari 21.600 mg/L menjadi 450 mg/L) perlakuan aerasi merupakan tahap awal yang cukup efektif dalam mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power. Akan tetapi kadar minyak pada waktu perlakuan 60 menit ini masih berada di atas baku mutu. Oleh sebab itu untuk menurunkan kadar minyak air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power agar sesuai atau berada di bawah baku mutu maka setelah perlakuan flotasi air limbah kemudian diolah dengan lumpur aktif.

3.2 Pengaruh waktu perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak sampel air limbah

Perlakuan lumpur aktif adalah lanjutan dari proses flotasi yang bertujuan untuk menurunkan kadar minyak yang masih tersisa dalam air limbah setelah melewati perlakuan aerasi agar sesuai atau berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007. Pengaruh perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Waktu Perlakuan Lumpur Aktif Terhadap Penurunan Kadar Minyak

Waktu (jam)	Kadar minyak rata-rata (mg/L)		Baku Mutu* (mg/L)
	Kontrol	Sampel	
0	450	450	1
4	400	150	1
9	300	75	1
14	300	50	1
19	300	25	1
24	250	0	1

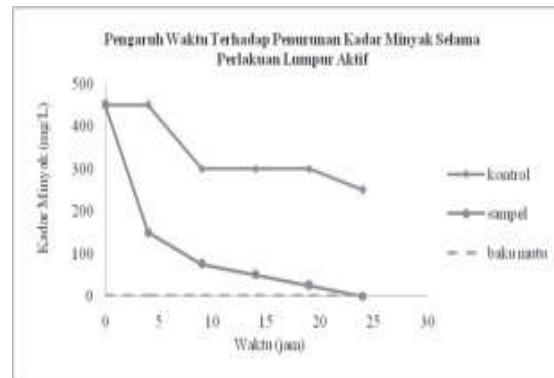
Keterangan :

Kontrol : air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power tanpa media *seeding*.

Sampel : air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power dengan penambahan media *seeding*.

*) : Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007.

Penurunan kadar minyak pada kontrol dan sampel selama 24 jam perlakuan lumpur aktif. Kadar minyak terendah baik pada kontrol maupun sampel terjadi pada jam ke-24 dengan kadar minyak sebesar 250 mg/L dan 0 mg/L. Penurunan kadar minyak ini terjadi karena adanya degradasi senyawa minyak dalam larutan oleh mikroorganisme dalam lumpur aktif yang digunakan untuk mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power. Adapun kurva pengaruh waktu perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pengaruh Waktu Terhadap Penurunan Kadar Minyak Selama Perlakuan dengan Lumpur Aktif

Penurunan kadar minyak baik pada kontrol maupun sampel selama 24 jam perlakuan lumpur aktif. Pada jam ke-4 terjadi penurunan kadar minyak yang tajam pada sampel yaitu sebesar 300 mg/L dari kadar minyak awal 450 mg/L menjadi 150 mg/L. Kadar minyak pada jam ke-4 ini masih berada di atas Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007. Kemudian setelah jam ke-4 kadar minyak sampel turun secara bertahap dengan penurunan sebesar 25 sampai 75 mg/L dan kadar minyak terendah diperoleh pada jam ke-24 dengan kadar minyak mencapai 0 mg/L. Kadar minyak pada jam ke-24 ini telah berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007 yang nilainya sebesar 1 mg/L. Terjadinya penurunan kadar minyak pada sampel disebabkan oleh biodegradasi oleh mikroorganisme yang di *seeding* sebelumnya. Adapun jenis konsorsium mikroorganisme tidak diidentifikasi dalam

penelitian ini. Aerasi dan penambahan nutrient menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme dan kinerja menguraikan minyak yang terkandung dalam limbah meningkat. Dengan adanya oksigen mikroorganisme akan mengoksidasi hidrokarbon alifatik jenuh yang terkandung dalam minyak. Tahapan degradasi ini melibatkan pembentukan alkohol, aldehid dan asam lemak. Asam lemak kemudian dipecah menjadi asam lemak baru dengan 2 unit karbon yang lebih pendek dari molekul induk. Proses ini terus berlangsung hingga hidrokarbon alifatik jenuh dalam minyak habis teroksidasi. Selama 24 jam perlakuan, pada kontrol juga terjadi penurunan kadar minyak hal ini disebabkan karena adanya bakteri yang mampu mendegradasi minyak akan tetapi jumlahnya lebih sedikit dibandingkan sampel sehingga penurunan kadar minyak kontrol tidak setajam sampel (Hadi, S.N., 2003). Efektifitas perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Efektifitas Perlakuan Lumpur Aktif Terhadap Penurunan Kadar Minyak

Waktu perlakuan (menit)	Kadar minyak sampel (mg/L)	Efektifitas perlakuan (%)	Efektifitas standar (%)
4	150	66,67	99,78
9	75	83,33	99,78
14	50	88,89	99,78
19	25	94,44	99,78
24	0	100	99,78

Keterangan :

Efektifitas perlakuan: $\frac{\text{kadar minyak awal} - \text{kadar minyak waktu perlakuan}}{\text{kadar minyak awal}} \times 100\%$

Efektifitas standar : $\frac{\text{kadar minyak awal} - \text{kadar minyak sesuai baku mutu}}{\text{kadar minyak awal}} \times 100\%$

Peningkatan efektifitas perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak seiring dengan bertambahnya waktu. Efektifitas perlakuan yang paling tinggi diperoleh pada jam ke-24 dengan persentase efektifitas mencapai 100%. Apabila dibandingkan dengan efektifitas standar maka

efektifitas perlakuan lumpur aktif selama 24 jam sudah melampaui efektifitas standar. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 24 jam dengan efektifitas perlakuan mencapai 100% dan penurunan kadar minyak sebesar 450 mg/L (dari 450 mg/L menjadi 0 mg/L) perlakuan lumpur aktif efektif dalam mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power.

3.3 Pengaruh waktu perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan nilai *Chemical Oxygen Demand (COD)* sampel air limbah

Nilai COD air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power sebelum pengolahan adalah sebesar 122,09 mg/L, setelah melalui tahap flotasi nilai COD turun menjadi 93,96 mg/L. Nilai COD setelah proses flotasi ini masih berada di atas Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007 oleh sebab itu dilakukan pengolahan lanjutan dengan proses lumpur aktif untuk menurunkan nilai COD tersebut. Pengaruh waktu perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan nilai COD disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Waktu Perlakuan Lumpur Aktif Terhadap Penurunan Nilai COD

Waktu (jam)	Nilai COD rata-rata (mg/L)		Baku Mutu*) (mg/L)
	Kontrol	Sampel	
0	93,96	93,96	50
4	42,12	31,20	50
9	44,26	51,69	50
14	30,55	60,04	50
19	60,11	52,61	50
24	40,70	27,63	50

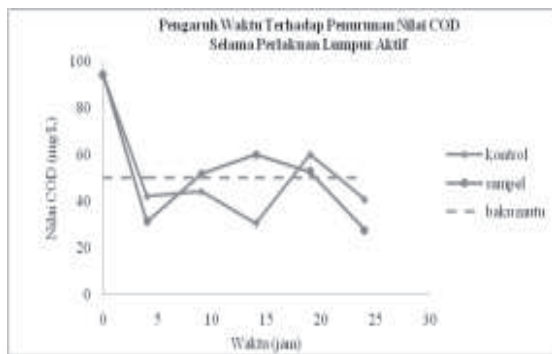
Keterangan :

Kontrol : air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power tanpa media *seeding*.

Sampel : air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power dengan penambahan media *seeding*.

*) : Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007.

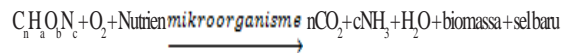
Penurunan nilai COD selama 24 jam perlakuan lumpur aktif. Nilai COD baik kontrol maupun sampel pada jam ke-4 perlakuan telah berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007 yaitu sebesar 42,12 mg/L dan 31,20 mg/L. Nilai COD sampel terendah diperoleh pada jam ke-24 dengan nilai sebesar 27,63 mg/L. Penurunan nilai COD disebabkan oleh adanya perlakuan lumpur aktif yang digunakan untuk mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power.



Gambar 2. Kurva Pengaruh Waktu Terhadap Penurunan Nilai COD Selama Perlakuan Lumpur Aktif

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa secara umum terjadi penurunan nilai COD selama 24 jam perlakuan lumpur aktif baik pada kontrol maupun sampel. Penurunan nilai COD yang tajam pada kontrol dan sampel terjadi pada jam ke-4 yaitu sebesar 51,84 mg/L (dari kadar awal 93,96 menjadi 42,12 mg/L) dan 62,76 mg/L (dari kadar awal 93,96 mg/L menjadi 31,20 mg/L). Pada jam ke-9 dan ke-14 nilai COD sampel meningkat menjadi 51,69 mg/L dan 60,04 mg/L. Kemudian jam ke-19 nilai COD sampel turun menjadi 52,61 mg/L hingga akhirnya pada jam ke-24 penurunan nilai COD sampel mencapai 27,63 mg/L. Sedangkan pada kontrol peningkatan nilai COD terjadi pada jam ke-9 dan ke-19 dengan nilai sebesar 44,26 mg/L dan 60,11 mg/L. Pada jam ke-24 nilai COD kontrol kemudian turun menjadi 40,70 mg/L. Terjadinya penurunan nilai COD pada sampel disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam limbah untuk keperluan hidupnya. Selain itu adanya perlakuan aerasi dapat meningkatkan kandungan

oksigen terlarut dan memperbanyak penguraian bahan anorganik dalam air limbah. Mikroorganisme akan mengoksidasi dan mendekomposisi bahan-bahan organik dalam air limbah dengan menggunakan oksigen yang disuplai dari proses aerasi (Sutapa, I.D.A., 2000). Pada waktu yang sama mikroorganisme akan mendapatkan energi dan membentuk mikroorganisme baru atau sel baru. Reaksi degradasi mikroorganisme yang terjadi pada lumpur aktif adalah :



materi organik

senyawa organik sederhana

Selama proses perlakuan juga terjadi peningkatan nilai COD sampel pada jam ke-9 dan ke-14. Hal ini kemungkinan karena mikroorganisme yang ada di dalam lumpur aktif tidak membentuk flok yang cukup besar, tetapi terdispersi menjadi flok yang sangat kecil atau merupakan sel tunggal sehingga sulit mengendap (Turhayati, 2008). Adanya flok yang sulit mengendap ini akan meningkatkan kekeruhan *effluent* sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan nilai COD. Selain itu peningkatan nilai COD juga mungkin disebabkan oleh proses degradasi minyak oleh mikroorganisme. Hidrokarbon alifatik jenuh pada minyak dioksidasi oleh bakteri dengan bantuan oksigen menjadi asam lemak dengan unit karbon yang lebih pendek dari molekul induknya. Degradasi minyak akan berjalan terus-menerus hingga rantai hidrokarbon alifatik jenuh pada minyak habis teroksidasi. Proses inilah yang mungkin menyebabkan kenaikan nilai COD akibat banyaknya oksigen yang diperlukan dalam reaksi oksidasi tersebut. Seperti halnya sampel, pada kontrol juga terjadi fluktuasi nilai COD selama 24 jam pengolahan. Penurunan nilai COD pada kontrol disebabkan oleh adanya mikroorganisme dari proses flotasi yang menguraikan limbah, akan tetapi jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan mikroorganisme pada sampel sehingga penurunan nilai COD kontrol tidak setajam sampel. Sedangkan peningkatan nilai COD kontrol yang terjadi pada jam ke-9 dan ke-19 kemungkinan dipengaruhi oleh adanya padatan tersuspensi dalam limbah sehingga menyebabkan peningkatan kekeruhan yang disertai meningkatnya nilai COD. Efektifitas perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan nilai COD disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Efektifitas Perlakuan Lumpur Aktif Terhadap Penurunan Nilai COD

Waktu perlakuan (menit)	Nilai COD rata-rata sampel (mg/L)	Efektifitas perlakuan (%)	Efektifitas standar (%)
4	31,20	66,79	46,78
9	51,69	44,99	46,78
14	60,04	36,10	46,78
19	52,61	44,01	46,78
24	27,63	70,59	46,78

Keterangan :

Efektifitas perlakuan:

$$\frac{\text{nilai COD awal} - \text{nilai COD waktu perlakuan}}{\text{nilai COD awal}} \times 100\%$$

Efektifitas standar :

$$\frac{\text{nilai COD awal} - \text{nilai COD sesuai baku mutu}}{\text{nilai COD awal}} \times 100\%$$

Peningkatan efektifitas perlakuan lumpur aktif terhadap penurunan nilai COD seiring dengan bertambahnya waktu. Pada jam ke-4 efektifitas perlakuan telah berada di atas efektifitas standar yaitu 66,79% dan efektifitas perlakuan tertinggi diperoleh pada jam ke-24 dengan persentase sebesar 70,59%. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 24 jam dengan efektifitas perlakuan sebesar 70,59% dan penurunan nilai COD sebesar 66,33 mg/L (dari 93,96 mg/L menjadi 27,63 mg/L) perlakuan lumpur aktif efektif dalam mengolah air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut.

1. Pada perlakuan aerasi terjadi penurunan kadar minyak yang tajam pada 20 menit pertama yaitu sebesar 20.300 mg/L (dari 21.600 mg/L menjadi 1.300 mg/L). Selanjutnya berkurang secara bertahap dengan selisih penurunan sebesar 200 sampai 300 mg/L. Kadar minyak terendah yaitu 450 mg/L (efektifitas 97,92%) pada perlakuan 60 menit.
2. Pada perlakuan lumpur aktif penurunan kadar minyak yang tajam pada 4 jam pertama yaitu sebesar 300 mg/L (dari 450 mg/L menjadi 150 mg/L). Selanjutnya penurunan secara bertahap dengan selisih penurunan sebesar 25 sampai 75 mg/L. Dalam waktu 24 jam perlakuan tidak terdeteksi Kadar minyak lagi.
3. Pada perlakuan lumpur aktif nilai COD pada 4 jam pertama telah berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Tahun 2007 yaitu sebesar 31,20 mg/L. Nilai COD terendah yaitu sebesar 27,63 mg/L dan efektifitas perlakuan tertinggi yaitu 70,59% dalam 24 jam.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penentuan kapasitas dari bak pengolahan lumpur aktif terhadap penurunan kadar minyak dan nilai COD pada sampel air limbah berdasarkan luas bak pengolahan dan waktu tinggal air limbah.
2. Rangkaian cara flotasi dan lumpur aktif dapat diaplikasikan di PT Indonesia Power sebagai solusi pengolahan air limbah karena efektif dalam menurunkan kadar minyak dan nilai COD air limbah operasional pembangkit listrik PT Indonesia Power hingga berada di bawah Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No.8 Tahun 2007.

Daftar Pustaka

- Budianto, H. 2007. Pengaruh Tinggi Reaktor Flotasi Udara Terlarut Terhadap Efisiensi Penyisihan Minyak, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 13(1) : 27-35
- Dewi, C.A. 2010. Kemampuan Inokulasi Lumpur Aktif Dalam Menurunkan Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Kadar Deterjen Pada Limbah Laundry, *Skripsi*, Universitas Udayana, Denpasar.
- Gelent, W. 2010. Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Amonia Limbah Cair Rumah Sakit dengan Teknik Lumpur Aktif, *Skripsi*, Universitas Udayana, Denpasar.
- Hadi, S.N. 2003. *Degradasi Minyak Bumi Via "Tangan" Mikroorganisme*, <[http://www.chem-is-try.org/artikel kimia/kimiamaterial/degradasi minyak bumi via tangan mikroorganisme/](http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimiamaterial/degradasi_minyak_bumi_via_tangan_mikroorganisme/)> 28.01.2011
- 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 Secara Titrimetri*, Badan Standarisasi Nasional, 29.03.2011.
- Sutapa, I.D.A., 2000, Teori Bioflokulasi Sebagai Dasar Pengelolaan Sistem Lumpur Aktif, *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan dan Lingkungan*. 2(1) : 76-83
- Turhayati, 2008, Efektivitas Pengendapan Dodesil Benzena Sulfonat (DBS) dengan Ca(OH)_2 dan Lumpur Aktif Pada Limbah Deterjen, *Skripsi*, Universitas Udayana, Denpasar.