

**PEMANFAATAN SEDIMEN PERAIRAN TERCEMAR SEBAGAI BAHAN LUMPUR AKTIF DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

**Ni Luh Gede Sudaryati, I Wayan Kasa, I Wayan Budiarsa Suyasa**  
Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Udayana

**ABSTRAK**

Industri tahu merupakan industri pangan yang banyak menggunakan air, baik untuk sistem operasional maupun sebagai bahan baku produksinya. Industri tahu banyak menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar sehingga dibutuhkan pengolahan limbah yang memadai. Dalam upaya mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah cair, maka proses pengolahan limbah wajib dilakukan sebelum limbah tersebut dibuang ke badan perairan. Pengelolaan limbah bertujuan untuk mengurangi dan menghilangkan bahan-bahan berbahaya serta mikroorganisme patogen. Penanganan secara biologis banyak diterapkan pada limbah cair industri pangan. Salah satu sistem pengolahan limbah secara biologi yang mampu menurunkan kadar cemaran limbah cair industri adalah dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Lumpur aktif juga mampu memetabolisme dan memecah zat-zat pencemar yang ada dalam limbah dan pengolahan limbah ini menggunakan lumpur atau *sludge*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan biomassa mikroba dalam lumpur aktif dari tiga jenis lumpur yang berasal dari lumpur selokan industri tahu, lumpur dari Rumah Potong Hewan Pesanggaran dan lumpur dari Sungai Badung yang dikomposisikan menjadi 4 komposisi lumpur yang dibibit dan untuk memperoleh komposisi lumpur terbaik yang diuji cobakan untuk menurunkan COD limbah cair industri tahu. Parameter yang diamati adalah fisik dan kimia. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur perubahan nilai VSS pada empat komposisi lumpur yang dibibit dan COD pada limbah tahu yang diberi percobaan dengan empat komposisi lumpur yang dibibit.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial yang terdiri atas dua faktor dengan tiga kali ulangan, yaitu faktor pertama adalah jenis lumpur dan faktor yang kedua adalah waktu inkubasi serta dianalisis secara *deskriptif komparatif* dan analisis *uni-variats*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi lumpur yang terbaik digunakan sebagai lumpur aktif adalah komposisi lumpur yang berasal dari lumpur selokan industri tahu (50 %), lumpur dari Rumah Potong Hewan Pesanggaran (25 %) dan lumpur dari Sungai Badung (25 %) dengan memiliki pertumbuhan biomassa mikroba dengan nilai VSS sebesar 2265 mg/L dan mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu yang diolah hingga mencapai 46,645 mg/L.

Kata kunci: Limbah cair industri tahu, lumpur aktif, COD, VSS dan lumpur.

**ABSTRACT**

Tofu industries are food industries which use a lot of water, both for operational system and as a basic material for production. Tofu industries produce liquid sewage which contains high organic substances. Liquid sewage of tofu industries is one of the sources of contaminants, so that it is needed to have an appropriate waste processing. In order to overcome liquid sewage problem, a waste processing is to reduce and eliminate dangerous materials and pathogenic microorganisms. Biological treatment is the commonest way in handling the liquid waste from food industries. One of the biological processing that can reduce the contaminants content in liquid industrial sewage is activated sludge. This activated sludge can also metabolize and break up the contaminants in the sewage and this processing uses sludge.

This research was carried out in order to know the growth rate of microbe biomass in activated sludge from 3 types of sludge taken from the ditches of the tofu industries, the sludge taken from Pesanggaran Slaughterhouse and the sludge taken from Badung River which were composed into 4 compositions and then were seeded, than tested to get 4 sludge composition in order to reduce COD in tofu industrial sewage. The parameters used were physical and chemical views. This research was done by measuring the changes in VSS value of the four sludge compositions which were seeded and the COD of the four tested sludge compositions.

This research used factorial Randomized Completed sampling that consisting of 2 factors and three repetitions, that is the first factor was composition sludge and the second one was incubation period and then were analyzed by using descriptive comparative analysis and uni-variant analysis.

The result of this research shown that the best sludge composition used as activated sludge was the sludge composition taken from the ditches of tofu industries was 50 %, the sludge taken from Pesanggaran Slaughterhouse was 25% and the sludge taken from Badung River was 25 % with had VSS of micobe biomass growth of 2265 mg/L and was able to reduce COD of tofu industrial liquid sewage up to 46.645 mg/L.

*Key words : Tofu industrial sewage, activated sludge, COD, VSS and sludge*

## PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan industri yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya baik sebagai bahan pencuci, pendingin dan bahan baku produksinya. Air yang digunakan dalam proses produksinya  $\pm$  25 L per 1 kg bahan baku kedelai. Mengingat kedelai sebagai bahan baku tahu yang mengandung protein (34.9%), karbohidrat (34.8%), lemak (18,1%) dan bahan-bahan nutrisi lainnya. Akibatnya, limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung bahan organik yang tinggi. Bahan organik dalam limbah cair merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar, sehingga dibutuhkan pengolahan limbah yang memadai. Menurut Nuriswanto (1995) dalam penelitiannya bahwa air limbah industri tahu memiliki angka COD (*Chemical Oxygen Demand*) antara 1940-4800 mg/L, BOD (*Biological Oxygen Demand*) antara 1070-2600 mg/L, padatan tidak larut antara 2100-3800 mg/L dan pH antara 4,5-5,7. Air limbah tersebut dihasilkan dari  $\pm$  875 L per 35 kg bahan baku kedelai.

Selain berdampak positif industri tahu juga menimbulkan dampak negatif. Salah satu dampak negatifnya adalah masalah lingkungan. Jika limbah cair industri tahu tersebut dibuang langsung ke badan perairan tanpa proses pengolahan akan terjadi blooming (pengendapan bahan organik pada badan perairan), proses pembusukan dan berkembangnya mikroorganisme patogen. Kondisi ini menimbulkan bau busuk dan sumber penyakit, sehingga penetrasi sinar ke dalam air berkurang. Akibatnya terjadi penurunan kecepatan fotosintesis oleh tanaman air dan kandungan oksigen terlarut dalam air menurun secara cepat. Selanjutnya terjadi gangguan pada ekosistem air sehingga kondisi dalam air menjadi anaerobik (Fardiaz, 2003).

Dalam upaya mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah cair, maka proses pengolahan limbah wajib dilakukan sebelum limbah tersebut dibuang ke badan perairan. Salah satu sistem pengolahan limbah secara biologi yang mengurangi kadar cemaran limbah cair industri adalah dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Istilah lumpur aktif digunakan untuk suspensi biologis atau massa mikroba yang sangat aktif mendegradasi bahan-bahan organik yang terlarut. Cara ini dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan mikroba mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa stabil dan dapat menurunkan nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD limbah sekitar 70-95 %. Lumpur aktif juga mampu memetabolisme dan memecah zat-zat pencemar yang ada dalam limbah dan pengolahan limbah ini menggunakan lumpur (Sulistiyanto, 2003). Lumpur ini merupakan materi yang tidak larut, biasanya tersusun serat-serat organik yang kaya akan selulosa dan terhimpun kehidupan mikroorganisme (Mustofa, 2000). Oleh karena itu, penulis tertarik untuk meneliti komposisi lumpur dari berbagai tempat yang paling efektif untuk mengolah limbah industri tahu, sehingga lumpur tersebut dapat dipakai sebagai lumpur aktif.

Rumusan Permasalahan: (1) Bagaimanakah pengaruh komposisi lumpur terhadap pertumbuhan biomassa mikroba yang diukur dengan parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS)? (2) Bagaimanakah kemampuan masing-masing komposisi lumpur yang dibibit terhadap nilai COD limbah cair industri tahu yang diolah?

Tujuan Penelitian: (1) Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan biomassa mikroba dalam lumpur aktif dari beberapa komposisi lumpur. (2) Untuk memperoleh komposisi lumpur yang mampu menurunkan COD limbah cair industri tahu.

Manfaat Penelitian (1) Landasan bagi pengembangan pengolahan limbah cair tahu dan limbah lainnya dengan lumpur aktif. (2) Alternatif pengolahan limbah yang ramah lingkungan .

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Laboratorium Analitik Universitas Udayana dan Laboratorium Penelitian Jurusan KIMIA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) dilakukan selama 2 bulan.

### Bahan dan Alat Penelitian

Limbah cair industri tahu, sedimen lumpur (RPH (Rumah Potong Hewan) di Pesanggaran, selokan industri tahu, sungai Badung). Bak sistem septik, aerator (pompa udara), neraca analitik, botol inkubasi BOD, cawan penguap, *furnace/ tanur*, thermometer, pH meter, desikator, oven, kain strimin, toples plastik 5 liter dan peralatan gelas lainnya serta alat pengambilan sampel yaitu jerigen 20 liter, plastik klip, sendok dan termos es. Larutan buffer pH, reagen-reagen COD & BOD, hara (Glukosa, pupuk KCl, pupuk Urea, pupuk TSP) dan air destilasi (aquades).

### Rancangan Percobaan

Menggunakan dg **rancangan acak lengkap pola faktorial** yang terdiri atas dua faktor dengan tiga kali ulangan (kelompok).

- Faktor I adalah komposisi lumpur dan sebagai petak utama yaitu
  - Lumpur berasal dari selokan industri tahu (Bibit I),
  - Lumpur yang berasal dari campuran selokan industri tahu dan sungai Badung (Bibit II),
  - Lumpur yang berasal dari campuran selokan industri tahu dan Rumah Potong Hewan Pesanggaran (Bibit III),
  - Lumpur yang berasal dari campuran selokan industri tahu, Rumah Potong Hewan Pesanggaran dan sungai Badung (Bibit IV) dan kontrol

Faktor II adalah lama penanganan dan sebagai anak petak yaitu: 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37 hari

### Penentuan Sumber Data

Sampel berupa limbah cair industri tahu yang diambil pada lokasi industri tahu yang terdapat di jalan Cokroaminoto, Denpasar. Sampel lumpur diambil dari tiga lokasi yaitu **Rumah Potong Hewan Pesanggaran, Sungai Badung dan selokan industri tahu di jalan Cokroaminoto, Ubung Kaja, Denpasar**, yg diambil

dengan menggunakan sendok lalu dimasukkan kedalam plastik klip kemudian dimasukkan kedalam termos es.

Pengambilan lumpur ini dilakukan dengan metode *Random* dimana lumpur diambil secara acak sehingga diharapkan lumpur tersebut banyak mengandung mikroba. Lumpur yang diambil lumpur yang selalu digenangi air dan memiliki aliran air yang lambat.

### Proses Seeding Atau Pembibitan

- a. Diambil secara aseptik sampel sedimen lumpur dari tiga lokasi kemudian dimasukkan ke dalam toples 5 liter untuk proses seeding, sampel ini di komposisikan menjadi empat yaitu:
  - Bibit I berisi 5 gram sedimen lumpur yang berasal dari selokan industri tahu kemudian diberi media cair (nutrien hara (pupuk urea 5 gram, pupuk KCL 2,5 gram dan pupuk TSP 2,5 gram), larutan glukosa 10 gram dan aquades) diencerkan menjadi volume 500 ml.
  - Bibit II berisi 2,5 gram sedimen lumpur yang berasal dari selokan industri tahu dan 2,5 gram sedimen lumpur yang berasal dari sungai badung kemudian diberi media cair diencerkan menjadi volume 500 ml.
  - Bibit III berisi 2,5 gram sedimen lumpur yang berasal dari selokan industri tahu dan 2,5 gram sedimen lumpur yang berasal dari Rumah Potong hewan kemudian diberi media cair diencerkan menjadi volume 500 ml.
  - Bibit IV berisi 2,5 gram sedimen lumpur yang berasal dari selokan industri tahu, 1,25 gram sedimen lumpur yang berasal dari sungai Badung dan 1,25 gram sedimen lumpur yang berasal dari Rumah Potong Hewan kemudian diberi media cair) diencerkan menjadi volume 500 ml.
- b. Kemudian diberi aerasi pada masing – masing bak pembibitan dilakukan dengan menggunakan aerator yang diberi selang kemudian diletakkan pada dasar toples, disamping sebagai sumber oksigen untuk mikroorganisme juga digunakan sebagai pengaduk.
- c. Pengamatan dilakukan pada hari ketiga hingga hari ke enam hari dengan mengukur nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) hingga mencapai harga 2000 mg/L.

### Aklimatisasi Dan Biodegradasi

- Tahap aklimatisasi adalah menggunakan komposisi lumpur yang berisi bibit mikroorganisme yang dihasilkan dari proses seeding untuk mengolah limbah cair industri tahu.
- Adapun prosedurnya :
 

Disiapkan reactor/bak (tabung kaca dengan ukuran 20x20x30 cm) dengan kondisi yang bersih serta aerator untuk mensuplai udara ke dalam bak dan sebagai pengaduk. Disiapkan Limbah cair yang langsung diambil dari Industri tahu yang telah didiamkan selama 1 hari untuk proses stabilisasi awal. Limbah selanjutnya dibagi menjadi lima bagian. Setiap bak atau reactor diisi 40 % bibit dan 60% limbah cair tahu kecuali kontrol diisi 100% limbah cair industri tahu

Pada akhirnya sampel pada setiap reactor dianalisa nilai COD sesuai dengan taraf perlakuan yaitu setiap 1 hari, 5 hari,

9 hari, 13 hari dan 17 hari, 21 hari, 25 hari, 29 hari, 33 hari dan 37 hari.

### 2.5. Analisis Data

- a. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dibuat dalam satu tabel atau grafik kemudian dianalisis secara *deskriptif komparatif*, mengacu pada Peraturan Gubernur Bali No. 8 Tahun 2007.
- b. Data yang diperoleh yaitu nilai VSS dan COD dianalisis statistik dengan analisa uni-varians dan efektivitas (Gasperz, 1989)

## HASIL PENELITIAN

### Pengaruh Komposisi Lumpur Terhadap Pertumbuhan Biomassa Mikroba Yang Diukur Dengan Parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS)

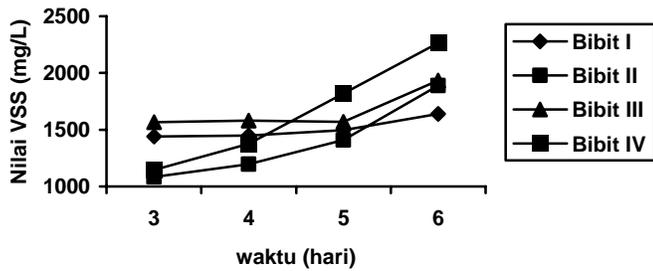
Nilai VSS setelah proses pembibitan pada masing-masing komposisi lumpur yang diamati sejak hari ketiga hingga hari keenam ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) pada masing-masing bibit mikroorganisme yang dihasilkan dari proses seeding, menunjukkan bahwa bibit IV dengan komposisi lumpur yang berasal dari lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 % pada hari keenam mampu mencapai nilai VSS melebihi harga 2000 mg/L, yaitu sebesar 2265 mg/L. Untuk bibit yang lain hanya mampu mendekati harga 2000 mg/L, yaitu bibit I (1640 mg/L), Bibit II (1890mg/L) dan bibit III (1935 mg/L).

Berdasarkan hasil analisis statistik pengukuran nilai VSS terlihat bahwa perlakuan pada keempat komposisi lumpur (bibit) berpengaruh sangat nyata terhadap nilai VSS, waktu retensi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai VSS serta interaksi antara waktu dengan komposisi lumpur juga berpengaruh sangat nyata.

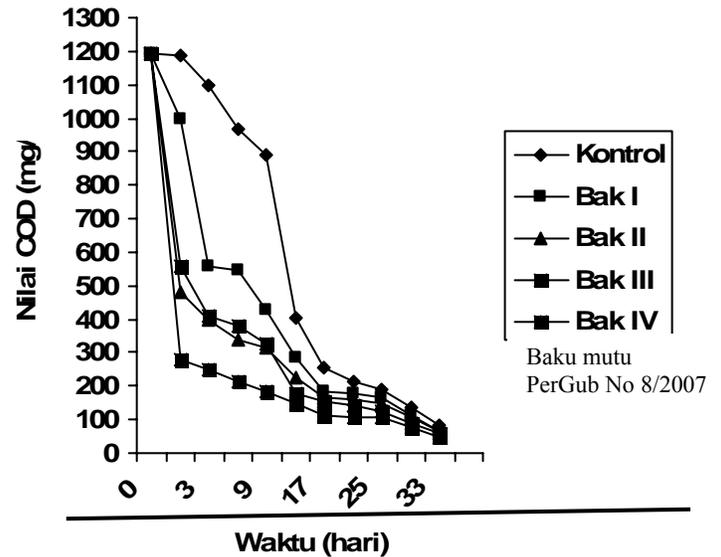
### Pengaruh Komposisi Lumpur Terhadap Nilai COD, pH, Suhu dan BOD Setelah Perlakuan Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

#### Nilai COD Sampel Limbah Cair Industri Tahu Setelah Perlakuan Pengolahan

Perubahan nilai COD limbah cair industri tahu setelah perlakuan pengolahan ditunjukkan pada Gambar 2 Hasil analisis parameter COD pada pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan keempat komposisi lumpur (bibit) setelah proses *seeding* menunjukkan bahwa nilai COD pada retensi waktu 1 hari hingga 37 hari masing-masing perlakuan mengalami penurunan, daripada nilai COD limbah sebelum perlakuan (1195,2 mg/L). Setelah perlakuan pada masing-masing bak sistem septik teraerasi menjadi bak I (64,85 mg/L), bak II (63,305 mg/L), bak III (58,31mg/L) dan bak IV (46,645 mg/L) serta pada kontrol (84,98 mg/L).Perlakuan dengan penambahan bibit IV (lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %) memberikan pengaruh terbaik terhadap penurunan nilai COD limbah cair industri tahu. Hal ini dapat dilihat saat pencapaian nilai COD terendah mulai dari retensi waktu 33 hari dan 37 hari dengan nilai COD masing-masing 76,095 mg/L dan 46,645 mg/L.



Gambar 1. Rerata nilai VSS pada masing-masing komposisi lumpur setelah proses pembibitan.  
 Keterangan :  
 Bibit I. = Lumpur selokan tahu 100 %  
 Bibit II. = Lumpur selokan tahu 50 % dan lumpur Rumah Hewan (RPH) 50 %  
 Bibit III.= Lumpur selokan tahu 50% dan lumpur Sungai Badung 50%  
 Bibit IV = Lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % sungai Badung 25 %.



Gambar.2 Perubahan nilai COD sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan

Keterangan :  
 Bak I = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit I  
 Bak II = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit II  
 Bak III = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit III  
 Bak IV = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit IV  
 Kontrol = Limbah industri tahu 100%

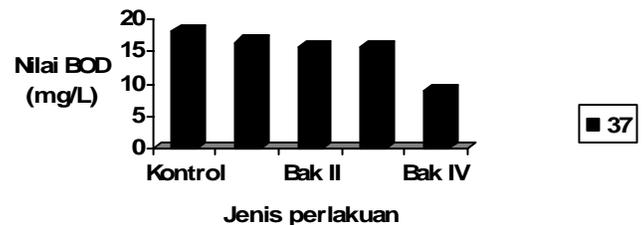
Berdasarkan hasil analisis kovarians pengukuran nilai COD perlakuan pada keempat komposisi lumpur (bak) berpengaruh sangat nyata terhadap nilai COD sedangkan pada waktu dan interaksi antara waktu dan bak juga berpengaruh sangat nyata terhadap nilai COD.

Kemampuan masing-masing perlakuan dalam menurunkan nilai COD dinyatakan dalam persen efektivitas, dimana tingkat efektivitas pada retensi waktu 37 hari yaitu bak I (94.57 %), bak II (94.70 %), bak III (95.12 %) dan bak IV (96.10 %). keempat perlakuan memberikan peningkatan tingkat efektivitas dari retensi waktu pengolahan 1 hari hingga 37 hari dan terjadi perbedaan tingkat efektivitas pada masing-masing perlakuan dengan penambahan komposisi lumpur (bibit) yang berbeda. Penambahan bibit IV memberikan tingkat efektivitas yang tertinggi hingga mencapai 96,10 % dalam menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu. Pada bak 4 terlihat bahwa tingkat efektivitas tinggi dimana pada retensi waktu 1 hari sudah mencapai 76.66 %.

Kemampuan masing-masing perlakuan dalam menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> dinyatakan dalam persen efektivitas. Tingkat efektivitas pada retensi waktu 37 hari yaitu bak I (92,06 %), bak II (92.86 %), bak III (92.90 %) dan bak IV (95.92 %). Penambahan dengan bibit IV merupakan perlakuan yang memiliki tingkat efektivitas tinggi yaitu 95,92 %.

**Nilai BOD Sampel Limbah Cair Industri Tahu Selama Perlakuan Pengolahan**

Perubahan nilai BOD<sub>5</sub> limbah cair industri tahu setelah perlakuan pengolahan pada retensi waktu 37 hari ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil analisis parameter BOD<sub>5</sub> pada pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan empat jenis komposisi lumpur (bibit) setelah proses *seeding* menunjukkan bahwa nilai BOD<sub>5</sub> setelah perlakuan pengolahan pada retensi waktu 37 hari masing-masing perlakuan terjadi perbedaan kemampuan dalam menurunkan nilai BOD<sub>5</sub>, dari nilai BOD<sub>5</sub> limbah sebelum perlakuan (220.15 mg/L) setelah perlakuan pada masing-masing bak sistem septik teraerasi menjadi bak I (16,455 mg/L), bak II (15,71 mg/L), bak III (15,62 mg/L) dan bak IV (8,98 mg/L) serta pada kontrol (18,21mg/L).



Gambar 3. Perubahan Nilai BOD Limbah Cair Industri Tahu Setelah Perlakuan Pengolahan Pada Retensi Waktu 37 Hari

**Nilai pH Sampel Limbah Cair Industri Tahu Selama Perlakuan Pengolahan**

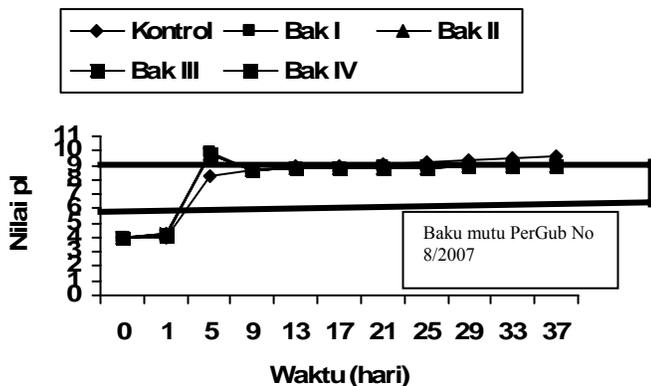
Perubahan nilai pH sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4. menunjukkan peningkatan nilai pH dari retensi waktu 1 hari hingga 37 hari pada masing-masing perlakuan dengan pH awal air limbah industri tahu yang bersifat asam (3,93) menjadi bersifat basa yaitu bak I (9,03), bak II (9,00), bak III (8,99), bak IV (8,99) dan Kontrol (9,58). Namun untuk perlakuan bak I, II, III dan IV terjadi peningkatan pH yang sangat drastis selama proses pengolahan berlangsung.

**3.2.3. Nilai Suhu Sampel Limbah Cair Industri Tahu Selama Perlakuan Pengolahan**

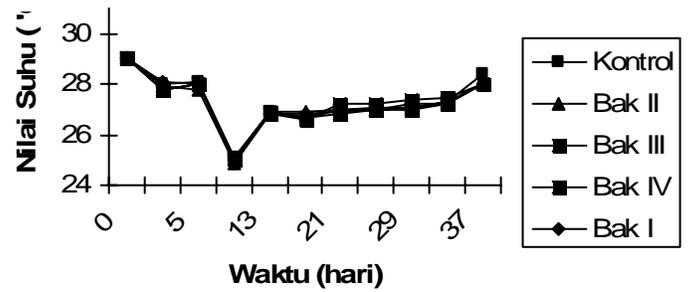
Perubahan nilai suhu sampel air limbah industri tahu selama perlakuan ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5. terlihat bahwa nilai suhu awal pada air limbah industri tahu yaitu 29,00<sup>o</sup> C setelah pengolahan nilai suhu pada masing-masing perlakuan menjadi bak I hingga IV (28,00<sup>o</sup> C) dan kontrol (28,40<sup>o</sup> C). Suhu limbah cair industri tahu pada bak II, III, IV dan kontrol mengalami penurunan pada retensi waktu 1 hari hingga 9 hari. Namun pada waktu retensi 13 hari kemudian suhu mengalami peningkatan. Sementara suhu awal limbah cair industri tahu sampai pengolahan hingga retensi waktu 37 hari mengalami penurunan nilai suhu. Kisaran suhu limbah cair tahu setelah pengolahan antara 24,9<sup>o</sup> – 28,00<sup>o</sup> C.

**3.2.4. Perbandingan Nilai pH dan COD terhadap Baku Mutu Air Limbah**

Perbandingan nilai pH dan COD setelah proses pengolahan pada masing-masing bak sistem septik aerasi terhadap Baku Mutu Air Limbah ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 4. Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai pH limbah cair industri tahu awal sangat rendah yaitu 3.93. Nilai tersebut masuk dalam kisaran di bawah ambang batas minimum baku mutu air limbah. Setelah melalui proses perlakuan, pada retensi waktu 37 hari untuk bak I, II, III dan IV masuk dalam kisaran di antara ambang batas baku mutu air limbah. Kontrol berada di atas ambang batas baku mutu air limbah.



Gambar 4. Grafik Nilai pH Keadaan Awal Sampai Setelah Pengolahan Dibandingkan Dengan Baku Mutu Air Limbah



Gambar 5 Perubahan Nilai Suhu Sampel Limbah Cair Industri Tahu Selama Perlakuan

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai COD limbah cair industri tahu awal sangat tinggi yaitu 1195, 2 mg/L. Nilai tersebut berada diatas ambang batas maksimum Baku Mutu Air Limbah, setelah melalui proses perlakuan, pada retensi waktu 37 hari untuk bak 1, 2, 3, 4 dan kontrol masuk dalam kisaran dibawah ambang batas Baku Mutu Air Limbah.

**PEMBAHASAN**

**Pengaruh Komposisi Lumpur Terhadap Pertumbuhan Biomassa Mikroba Yang Diukur Dengan Parameter Volatile Suspended Solid (VSS)**

Pengukuran VSS dilakukan setelah lumpur dimasukan ke dalam tempat pembibitan, dengan system aerasi serta penambahan nutrient hara berupa pupuk urea, pupuk KCl, pupuk TSP dan glukosa serta aquades hingga volume bibit menjadi 5 liter.

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa pada retensi waktu 3 hari sampai 6 hari nilai VSS semua komposisi lumpur (bibit) mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena tergantung dari komposisi lumpur meningkatnya pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme yang didukung dengan adanya cadangan makanan dan adanya proses aerasi serta semua komposisi lumpur yang dibibit mengandung agent oksidator sehingga memiliki kemampuan mengoksidasi bahan organik, baik secara kimia dan biologi.

Tingkat pertumbuhan biomassa mikroba pada masing-masing komposisi lumpur yang diukur dengan Nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) yaitu bibit I (1740 mg/L), bibit II (1890 mg/L), bibit III (1935 mg/L) dan bibit IV (2265 mg/L). Berdasarkan nilai VSS yang didapat, diketahui bahwa keempat komposisi lumpur diatas mengandung mikroorganisme serta jumlah mikroorganisme yang cukup baik sehingga sangat baik digunakan sebagai bibit mikroorganisme atau agent oksidator dalam pengolahan limbah secara biologis.

Tingkat pertumbuhan biomassa mikroba pada bibit I memiliki nilai VSS yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena komposisi lumpur yang dipakai sebagai bibit hanya berasal dari selokan industri tahu sehingga variasi jenis mikroba sedikit. Menurut Antara (1993) pengembangan biomassa menjadi lumpur

aktif tidak terlepas dari kondisi lingkungan sumber biomassa tersebut dan ragam mikroba yang bersumber dari lingkungan yang tercemar lebih sedikit dibandingkan dengan lingkungan yang pencemaran yang lebih rendah. Semakin banyak jenis lumpur dalam komposisi lumpur maka semakin banyak variasi jenis mikroba sehingga nilai VSS meningkat.

Bibit IV (komposisi lumpur yang berasal lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %) merupakan komposisi lumpur yang terbaik dan nilai VSS melebihi dari angka 2000 mg/L. Hal ini disebabkan mikroba yang ada pada bibit IV memiliki banyak variasi jenis mikroorganisme yang berasal dari tiga sedimen perairan tercemar dengan kondisi berbeda. Mukono (2000) menyatakan bahwa perairan tercemar umumnya mempunyai kadar bahan organik tinggi sehingga banyak mengandung mikroorganisme heterotropik, mikroorganisme heterotropik akan menggunakan bahan organik tersebut untuk metabolisme.

Selain itu cukup tersedianya makanan (bahan organik) bagi mikroba sehingga pertumbuhan biomassa mikroba menjadi meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Soeparno (1992) yang menyatakan bahwa semakin lama dibibit, maka beban mikroba semakin meningkat yang disebabkan sel mikroba mengalami pembelahan atau perkembangbiakan. Mikroba membutuhkan waktu yang cukup untuk berkembang biak apabila komponen yang dibutuhkan cukup tersedia, maka mikroba akan berkembang pesat seperti halnya mikroba membutuhkan zat gizi untuk pertumbuhannya.

Berdasarkan hasil analisis kovarians pengukuran nilai VSS terlihat bahwa perlakuan pada keempat komposisi lumpur (bibit), waktu dan interaksi antara waktu dan bibit berpengaruh sangat nyata terhadap nilai VSS, sehingga terjadi pertumbuhan mikroorganisme pada keempat komposisi lumpur yang dibibitkan. Selanjutnya keempat komposisi lumpur dapat digunakan untuk bibit mikroorganisme atau agent oksidator dalam pengolahan limbah cair industri tahu.

### **Pengaruh Komposisi Lumpur Terhadap Nilai COD, BOD, pH dan Suhu Limbah Industri Tahu**

#### **Nilai COD, pH, BOD Dan Suhu Sampel Limbah Cair Industri Tahu**

Berdasarkan Gambar 2. diperoleh bahwa seluruh sampel yang diukur mengalami penurunan nilai COD. Penurunan ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik untuk keperluan hidupnya. Penurunan nilai COD dengan perlakuan (penambahan bibit dari keempat komposisi lumpur) memberikan hasil yang lebih baik daripada tanpa perlakuan (control). Ini disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme untuk merombak (mengoksidasi) daripada bahan organik yang ada pada limbah cair industri tahu, sehingga laju sintesisnya terhadap bahan organik dalam sampel lebih tinggi pula. Untuk mencapai penanganan limbah secara biologis yang memuaskan, limbah harus mengandung unsur-unsur yang cukup untuk mempertahankan laju sintesisnya. Selain itu adanya berbagai variasi jenis mikroorganisme yang berasal dari komposisi setiap lumpur.

Hasil akhir pengukuran terhadap perlakuan pada bak I, II, III dan IV setelah pengolahan, menunjukkan terjadi penurunan nilai COD yang berada dibawah ambang batas baku mutu air limbah. Sementara kontrol juga mencapai dibawah ambang batas baku mutu air limbah. Hal ini disebabkan karena pada kontrol ditambahkan aerasi (udara) sehingga memacu aktivitas mikroorganisme untuk merombak bahan organik yang ada di dalam limbah cair industri tahu.

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan bibit IV (komposisi lumpur yang berasal dari lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %) memberikan pengaruh terbaik terhadap penurunan nilai COD limbah cair industri tahu. Hal ini terlihat pencapaian nilai COD yaitu 46,645 mg/L sehingga komposisi lumpur ini berpotensi sebagai bahan lumpur aktif. Disamping itu bibit IV mengandung banyak variasi jenis mikroorganisme (agent oksidator) yang mampu mengoksidasi bahan organik secara kimia sehingga mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurhadi (2006) bahwa lumpur / sedimen sungai tebe berpotensi sebagai bahan lumpur aktif yang mampu menurunkan COD dan BOD limbah domestik. Selain itu semakin lama limbah cair diolah dengan diberi aerasi (penambahan oksigen), maka semakin menurun nilai COD limbah cair industri tahu.

Untuk mengetahui pengaruh keempat perlakuan, digunakan analisis Kovarians hasil uji statistic terhadap data hasil pengamatan menunjukkan berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan nilai COD. Hal ini mencerminkan adanya penambahan bibit yang berasal dari komposisi lumpur dalam sistem pengolahan limbah (bak) efektif untuk menurunkan nilai COD yang sesuai dengan baku mutu, seperti tercantum dalam Peraturan Gubernur Bali No. 8 Tahun 2007. (Lampiran 2) tentang baku mutu limbah cair. Waktu dan interaksi antara waktu dengan bak juga berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan nilai COD.

Perbedaan efektivitas masing-masing perlakuan disebabkan karena perbedaan jumlah mikroba dengan penambahan komposisi lumpur yang berbeda-beda. Penambahan nutrient yang cukup akan memenuhi kebutuhan mikroba terhadap makanannya, sehingga pertumbuhan mikroba menjadi meningkat. Akibatnya nilai COD limbah cair industri tahu menjadi lebih rendah dan efektivitasnya akan lebih tinggi. Penambahan bibit IV memberikan tingkat efektivitas yang tertinggi hingga mencapai 96,10 % dalam menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu. Hal ini disebabkan karena kemampuan mikroba mengoksidasi bahan organik yang ada dalam limbah cair industri tahu lebih besar dibandingkan dengan bibit yang lain. Pada bibit IV jumlah variasi jenis mikroba lebih banyak, sehingga bibit IV sangat efektif digunakan sebagai lumpur aktif dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Hal ini sesuai dengan pendapat Antara (1996) bahwa pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan sistem lumpur aktif efisiensi penghilangan bahan cemaran lebih dari 90 % dan umur lumpur yang lebih lama.

Pada bak 4 tingkat efektivitas tinggi dengan retensi waktu 1 hari sudah mencapai 76.66 %. Hal ini disebabkan karena adanya banyak variasi jenis mikroba dalam bibit IV dan tersedia dengan

cukup oksigen dengan proses aerasi, sehingga kemampuan mikroba mengoksidasi bahan organik dalam limbah cair industri tahu meningkat dan penambahan komposisi lumpur (bibit) yang berasal dari 3 perairan tercemar. Efektivitas menjadi tinggi pada hari pertama serta nilai COD menjadi turun hingga mencapai 46.645 mg/L pada retensi waktu 37 hari.

Pada Gambar 3. terlihat bahwa keempat perlakuan terjadi perbedaan kemampuan masing-masing bak sistem septik teraerasi dalam menurunkan nilai BOD<sub>5</sub>. Hal ini disebabkan karena perkembangan mikroorganisme yang berbeda di dalam masing-masing bak sistem septik teraerasi dan adanya proses aerasi. Proses ini ditunjukkan untuk penambahan oksigen ke dalam air. Semakin banyak kontak oksigen dengan air, semakin banyak limbah cair menyerap oksigen sehingga sangat efisien bagi pengurangan/ penurunan nilai BOD<sub>5</sub> (Gintings, 1995). Sementara kontrol juga mengalami penurunan nilai BOD<sub>5</sub>. Hal tersebut disebabkan karena adanya penambahan aerasi sehingga dapat menambah oksigen terlarut di dalam limbah tersebut. Proses aerasi meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air dan berguna untuk mikroba memperbanyak diri serta meningkatkan kerja bakteri aerob dalam menguraikan kotoran organik di dalam air limbah (Kristanto, 2002).

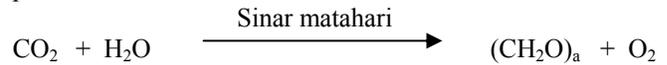
Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa perlakuan dengan menggunakan bibit IV dengan komposisi lumpur yang berasal dari lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 % memberikan pengaruh terbaik terhadap penurunan nilai BOD<sub>5</sub> limbah cair industri tahu. Hal ini terlihat pencapaian nilai BOD<sub>5</sub> yaitu 8,98 mg/L. Hal ini disebabkan karena bibit IV mengandung banyak variasi jenis mikroorganisme (agent oksidator) yang mampu mengoksidasi bahan organik secara biologi, sehingga mampu menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> limbah cair industri tahu. Nurhadi (2006) menyatakan bahwa lumpur / sedimen sungai tebe berpotensi sebagai bahan lumpur aktif yang mampu menurunkan COD dan BOD<sub>5</sub> limbah domestik.

Perbedaan efektivitas masing-masing perlakuan disebabkan oleh perbedaan jumlah mikroba dengan penambahan komposisi lumpur yang berbeda-beda. Penambahan nutrient yang cukup akan memenuhi kebutuhan mikroba terhadap makanannya, sehingga pertumbuhan mikroba meningkat. Akibatnya nilai BOD<sub>5</sub> menjadi lebih rendah dan efektivitasnya akan lebih tinggi.

Penambahan bibit IV merupakan perlakuan yang memiliki tingkat efektivitas nilai BOD<sub>5</sub> yang tinggi yaitu 95,92 %. Hal ini disebabkan karena bibit IV mengandung banyak variasi jenis mikroorganisme (agent oksidator) yang mampu mengoksidasi bahan organik secara biologi sehingga mampu menurunkan nilai BOD<sub>5</sub> limbah cair industri tahu. Penambahan oksigen dengan proses aerasi menyebabkan nilai BOD<sub>5</sub> menjadi rendah dan efektivitas menjadi lebih tinggi. Menurut Sulistyanto (2003) bahwa pengolahan limbah industri dengan menggunakan sistem lumpur aktif (*activated sludge*) mampu menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> limbah sekitar 70- 95 %.

Perubahan nilai pH sampel Limbah cair industri tahu sebelum dan setelah perlakuan ditunjukkan Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4. diperoleh peningkatan pH, baik yang memperoleh perlakuan maupun tanpa perlakuan (kontrol). Namun

untuk perlakuan I, II, II dan IV terjadi peningkatan pH yang sangat drastis dari asam menjadi basa. Hal ini dikarenakan telah terjadi reaksi biologis dari mikroorganisme (denitrifikasi) yang memungkinkan laju sintesis mikroba yang optimum dan terjadi proses fotosintesis dalam limbah cair industri tahu. Dalam fotosintesis akan terbentuk molekul oksigen, seperti terlihat pada persamaan dibawah ini:



Oksigen dilepas ke dalam lingkungan dan digunakan oleh mikroorganisme pada waktu metabolisme bahan-bahan organik. Sebagian mikroorganisme dapat memecah bahan organik kompleks, walaupun fotosintesis merupakan proses konversi energi yang paling utama. (Jenie dan Rahayu, 1993). Pada awal limbah industri tahu bersifat asam kemudian menuju pH normal lalu menjadi basa hal ini disebabkan karena bahan lumpur yang dimasukkan ke dalam limbah bersifat basa dan secara normal pertumbuhan mikroba pasti menuju pH normal sehingga mikroba menjadi survive kemudian berkembangbiak untuk mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair industri tahu.

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa suhu limbah pada bak 2, 3, 4 dan control mengalami penurunan pada retensi waktu 1 hari hingga 9 hari. Hal ini disebabkan karena belum adanya aktivitas mikroba dan masih ada larutan bahan organik serta seiring suhu menurun terjadi penyerapan oksigen dalam air sehingga DO dalam air limbah meningkat akan mendorong pertumbuhan mikroba untuk melakukan aktivitas mendegradasi bahan organik yang ada pada air limbah industri tahu Namun pada waktu retensi 13 hari kemudian suhu mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena seiring meningkatnya aktivitas mikroorganisme untuk melakukan proses penguraian bahan organik di dalam perairan menimbulkan energi menyebabkan suhu dalam air limbah industri tahu meningkat. Selain itu, kenaikan suhu akan meningkatkan kecepatan reaksi kimia di dalam perairan (Fardiaz, 1992). Peningkatan suhu ini dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air dan peningkatan kecepatan metabolisme serta respirasi organisme air sehingga menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Adanya fluktuasi suhu perairan diakibatkan oleh komposisi substrat, kekeruhan dan reaksi-reaksi kimia dari penguraian bahan organik dalam perairan (Sundra, 1997).

#### Perbandingan nilai pH, Suhu dan COD terhadap baku Mutu Air Limbah

Pada proses awalnya sampel limbah cair industri tahu diidentifikasi dan dianalisis sifat fisik dan kimianya sebagai berikut : nilai pH rata-rata yang rendah yaitu 3.93, suhu rata-rata 29,00 °C, berwarna putih keruh, berbau, berbuih, serta nilai BOD dan COD yang tinggi yaitu nilai BOD<sub>5</sub> rata-rata yaitu 220,15 mg/L dan nilai COD rata-rata yaitu 1195,2 mg/L. Limbah cair industri tahu berada di atas ambang batas baku mutu air limbah, yang merupakan baku mutu untuk air limbah yang dihasilkan oleh industri-industri, seperti limbah yang dihasilkan oleh industri makanan dan minuman. Nilai BOD<sub>5</sub> sebelum perlakuan sebesar 220,15 mg/L berada diatas ambang batas yang diperkenankan berdasarkan Baku

Mutu Air Limbah sehingga nilai BOD sangat tinggi dan termasuk limbah yang berasal dari industri, hal ini disebabkan karena limbah belum mengalami pengolahan sehingga jumlah oksigen diperlukan untuk memecah atau mendegradasi limbah cair industri tahu sangat tinggi.

Tingginya nilai BOD dan COD pada limbah cair industri tahu akan menyebabkan bahan organik di dalam badan perairan menjadi tinggi, selain itu oksigen terlarut dalam badan perairan menjadi rendah sehingga menyebabkan kehidupan hewan air dan ikan yang membutuhkan oksigen menjadi mati. Apabila konsentrasi yang terjadi melewati ambang batas yang masih dapat ditanggung oleh makhluk hidup di dalam air, maka akibatnya fatal bagi kelangsungan hidupnya (Barus, 2002). Adanya bau, buih dan warna yang dihasilkan oleh limbah cair industri tahu akan menurunkan kualitas perairan, sehingga untuk meminimalkan bahaya yang ditimbulkan oleh limbah cair, maka wajib dilakukan proses pengolahan limbah yang ramah lingkungan sebelum limbah cair dibuang ke perairan bebas (Gandjar, 1994).

Warna limbah cair industri tahu awal yang berwarna putih keruh yang berasal dari perombakan bahan-bahan organik berupa protein yang berasal dari bahan baku tahu yaitu kedelai setelah perlakuan warna berubah menjadi coklat karena adanya penambahan komposisi lumpur. Perubahan warna menjadi jernih setelah pengolahan belum tercapai pada penelitian ini disebabkan oleh proses degradasi warna oleh mikroba berjalan lambat.

Adanya buih menandakan bahwa sampel limbah mengandung mengandung detergen yang dihasilkan dari proses pencucian. Menurut Fardiaz (1992) detergen dalam arti luas adalah bahan yang digunakan sebagai pembersih, termasuk sabun cuci piring alkali dan cairan pembersih yang dibuat dari senyawa petrokimia atau surfaktan sintetik lainnya. Adanya bahan buangan berupa detergen yang berlebihan di dalam air akan mengganggu kehidupan mikroorganisme dalam air, karena detergen tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme. Hal ini dapat menurunkan absorpsi oksigen di perairan. Deterjen yang dihasilkan mampu menghambat kelarutan oksigen sehingga konsentrasi oksigen terlarut menjadi rendah yang menyebabkan nilai BOD dan COD menjadi tinggi.

Perubahan kondisi yang berbeda-beda pada setiap perlakuan terhadap beberapa parameter, disebabkan oleh aktivitas mikroba yang tidak sama tergantung komposisi lumpur yang ditambahkan pada sistem pengolahan limbah.

Berdasarkan Gambar 2. dapat kita lihat bahwa nilai COD keadaan awal berada di atas ambang batas Baku Mutu Air Limbah. Pada retensi 37 hari untuk bak I, II, III, IV dan kontrol berada di bawah ambang batas Baku Mutu Air Limbah. Hal ini menunjukkan nilai kualitas air meningkat atau tingkat pencemaran dapat diturunkan dengan penambahan empat jenis bibit yang berasal dari komposisi lumpur yang berbeda.

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai pH awal sangat rendah yaitu 3.93. nilai tersebut berada di bawah ambang batas Baku Mutu Air Limbah. Setelah melalui proses pengolahan, pada retensi 37 hari untuk bak I, II, III dan IV nilai pH air limbah masuk dalam kisaran ambang batas Baku Mutu Air

Limbah, hal ini menunjukkan terjadinya aktivitas lain dari mikroorganisme (proses denitrifikasi) dan proses fotosintesis selain medegradasi bahan organik dalam air limbah dan penambahan bibit dari empat komposisi lumpur dapat meningkatkan kualitas limbah cair industri tahu dan menurunkan tingkat pencemarannya.

Pada Gambar 5. menunjukkan bahwa nilai suhu pada keempat perlakuan ber kisar antara  $24.9^{\circ} - 29.00^{\circ} \text{C}$  berada di bawah ambang batas Baku Mutu Air Limbah. Hal ini disebabkan suhu berada di bawah  $30^{\circ} \text{C}$ . dan berada dalam kisaran suhu normal suatu perairan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pada hasil penelitian diatas dapat disimpulkan yaitu

1. Tingkat pertumbuhan biomassa mikroba pada masing-masing komposisi lumpur yang diukur dengan Nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) yaitu bibit I (1740 mg/L), Bibit II (1890 mg/L), bibit III (1935 mg/L) dan bibit IV (2265 mg/L). Komposisi lumpur terbaik yang digunakan untuk lumpur aktif adalah komposisi lumpur pada bibit IV yaitu sedimen lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %.
2. Keempat komposisi lumpur mampu menurunkan nilai COD (*chemical oxygen demand*) pada limbah cair industri tahu sehingga sebagai agent oksidator. Komposisi lumpur pada bibit IV yaitu sedimen lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %, memiliki kemampuan terbaik dalam menurunkan nilai COD pada limbah cair industri tahu dengan efektivitas sebesar 96.10%.

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai jenis mikroba yang terdapat pada empat jenis komposisi lumpur yang mampu dipakai sebagai lumpur aktif.
2. Pemerintah Kodya Denpasar hendaknya membuat peraturan perundang-undangan terhadap pemilik industri rumah tangga khususnya industri tahu agar limbah cair yang dihasilkan diolah dengan menggunakan lumpur aktif sebelum dialirkan ke badan perairan.
3. Pemilik industri rumah tangga khususnya industri tahu harus mengolah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan usaha sebelum dialirkan ke badan perairan dengan menggunakan metode pengolahan limbah yang ramah lingkungan, seperti pengolahan limbah menggunakan lumpur aktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antara, N.S. 1996. Kinerja Sistem Lumpur Aktip pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Majalah Ilmiah **Gitayana**. Volume: 2. Nomor: 1. ISSN 0853-6414. Program Studi Teknologi Pertanian. UNUD. Denpasar.

- Antara, N.S., A.A.P. Suryawan, I.G.A. Ekawati, I.D.A. Lidarwati dan I.W. R. Aryanta. 1997. Kinerja Lumpur Aktip dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Penanganan Daging. Laporan Penelitian. Universitas Udayana. Denpasar.
- Barus, T.A. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. PT Kanisius. Yogyakarta.
- Gandjar, I.G. 1994. Kimia Lingkungan. Fakultas Farmasi Universitas Gadjah mada, Yogyakarta.
- Garperz. V. 1989. Metode Rancangan Percobaan. Armico. Bandung.
- Gintings, P. 1995. Mencegah Dan Mengendalikan Pencemaran Industri. Penerbit Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Cetakan kesembilan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit ANDI Yogyakarta dengan LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya. Yogyakarta.
- Mukono, H.J. 2000. Prinsip dasar Kesehatan Lingkungan. Airlangga Universitas Press. Surabaya.
- Mustofa, H.A. 2000. Kamus Lingkungan. Cetakan pertama. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Nurhadi, G. I. 2006. Biodegradasi Limbah Cair Domestik Melalui Penambahan NPK Pada Pengolahan Dengan Menggunakan Lumpur Aktif Yang Diisolasi Dari Sungai Tebe Denpasar Jurusan Kimia. FMIPA. UNUD. Skripsi. Denpasar.
- Nuriswanto. 1995. Rekayasa Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tempe. Balai Informasi dan Penelitian Industri Pangan. Surabaya.
- Soeparno. 1992. Ilmu Dan Teknologi Daging. Penerbit Gajah mada Press. Yogyakarta.
- Sulistiyanto, E dan H. W. Swarnam. 2003. Tecno Limbah. Majalah Pusat Pengembangan Teknologi Limbah Cair. Volume 7 tahun 2003. Penerbit Pusat Pengembangan Teknologi Limbah Cair. Yogyakarta.
- Sundra, K. 1997. Pengaruh Pengelolaan Sampah Terhadap Kualitas Air Sumur Gali di Sekitar TPA Suwung. Program Pascasarjana. IPB. Bogor. Tesis.