

MONOGRAF

**SEDIMEN PERAIRAN
TERCEMAR**
untuk
**BAHAN LUMPUR
AKTIF**

**DALAM PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

NI LUH GEDE SUDARYATI

Editor:

I Made Dwi Mertha Adnyana

**MONOGRAF
SEDIMEN PERAIRAN TERCEMAR UNTUK
BAHAN LUMPUR AKTIF DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

MONOGRAF
SEDIMEN PERAIRAN TERCEMAR UNTUK
BAHAN LUMPUR AKTIF DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU

Ni Luh Gede Sudaryati

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

Anggota IKAPI
No. 370/JBA/2020

MONOGRAF
SEDIMEN PERAIRAN TERCEMAR UNTUK
BAHAN LUMPUR AKTIF DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU

Ni Luh Gede Sudaryati

Editor:
I Made Dwi Mertha Adnyana

Tata Letak:
Dina Verawati

Desain Cover:
Rintho R. Rerung

Ukuran:
A5 Unesco: 15,5 x 23 cm

Halaman:
vii, 89

ISBN:
978-623-362-268-4

Terbit Pada:
Desember 2021

Hak Cipta 2021 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA

(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga buku monograf dapat diselesaikan penulisannya dengan baik, dipublikasikan dan dapat disampaikan kepada khalayak umum khususnya para pembaca. Buku Monograf ini ditulis sebagai hasil riset mandiri oleh Ibu Ni Luh Gede Sudaryati yang merupakan pakar di Bidang pengelolaan lingkungan. Buku ini hadir dan diharapkan dapat berkontribusi kepada para pembaca, penulis selanjutnya, peneliti dan industri tahu khususnya untuk dapat mengelola, memperbaiki dan meningkatkan kualitas lingkungan secara bersama – sama.

Pada Buku Monograf ini menyajikan uraian dan tahapan pemanfaatan sedimen perairan yang telah tercemar yang diolah menjadi lumpur aktif untuk digunakan sebagai pengelolaan limbah cair industri tahu. Hasil penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan adanya progres dan keberhasilan dalam memformulasikan lumpur aktif untuk meminimalisir pencemaran lingkungan akibat buangan limbah cair industri tahu khususnya di Kota Denpasar.

Sistematika buku monograf dengan judul “Sedimen Perairan Tercemar Untuk Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu” terdiri atas enam Bab yang membahas secara rinci mulai dari pendahuluan,

tinjauan pustaka, kerangka konseptual dan hipotesis, metodologi, hasil penelitian, pembahasan, dan penutup.

Kami menyadari bahwa buku monograf ini jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan masukan dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan monograf ini di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung dalam penyusunan dan penerbitan buku ini. Semoga dengan adanya buku monograf ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak dan pembaca.

Nopember 2021
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
PENDAHULUAN	1
PERMASALAHAN	4
TUJUAN	5
MANFAAT DAN ORIGINALITAS	6
BAB 1 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
Limbah, Asal dan Sifatnya	7
Limbah Cair Industri Tahu.....	9
Mengolah limbah secara Biologi	10
Proses Penanganan Limbah secara Aerobik.....	20
Kajian Lumpur Aktif (Activated Sludge)	22
Indikator Pencemaran	26
BAB 2 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	31
Kerangka Konseptual	31
Hipotesis	33
BAB 3 METODOLOGI.....	35
Rancangan penelitian.....	35
Cara sampling.....	35
Lokasi dan tempat studi dilakukan	36
Material dan bahan yang digunakan	37
Tahapan Studi	38
Analisis Data.....	44

Skematis Cara Kerja Penelitian	45
BAB 4 HASIL PENELITIAN	47
Komposisi lumpur pada pertumbuhan biomassa mikroba diukur dengan menggunakan parameter padatan Volatile Suspended Solid (VSS)	47
Komposisi lumpur terhadap COD, pH, suhu dan nilai BOD setelah pengolahan cairan limbah industri tahu	49
BAB 5 PEMBAHASAN	63
Komposisi lumpur pada pertumbuhan biomassa mikroba yang diukur dengan parameter Volatile Suspended Solid (VSS)	63
Komposisi lumpur aktif pada nilai COD, BOD, pH dan suhu limbah industri tahu	66
BAB 6 PENUTUP	81
Kesimpulan	81
Saran	82
SINGKATAN	83
DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR TABEL

- Tabel 1.** Rerata nilai VSS komposisi lumpur setelah proses pembibitan.....49
- Tabel 2.** Rerata COD sampel air limbah industri tahu sebelum dan sesudah pengolahan di setiap sumur ventilasi septic tank.....52
- Tabel 3.** Efektivitas Masing-masing Perlakuan Terhadap Nilai COD.....54
- Tabel 4.** Rerata Nilai pH Limbah Cair Industri Tahu Sebelum dan Setelah Perlakuan Pada Masing-Masing Bak Sistem Septik Teraerasi.....57
- Tabel 5.** Rerata nilai suhu limbah cair industri tahu sebelum dan setelah perlakuan pada masing-masing bak sistem septikteraerasi.....59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Pembuatan Tahu.....	12
Gambar 2. Kerangka Konseptual Studi/penelitian.....	36
Gambar 3. Kontruksi Pembibitan Lumpur Aktip dan PengolahanLimbah.....	47
Gambar 4. Rerata nilai VSS pada masing-masing komposisi lumpur setelah proses pembibitan.....	50
Gambar 5. Perubahan nilai COD sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan.....	53
Gambar 6. Nilai BOD limbah cair industri tahu setelah pengolahan pada retensi waktu 37 hari.....	55
Gambar 7. Efektivitas Masing-masing Perlakuan Terhadap Nilai BOD.....	56
Gambar 8. Perubahan Nilai pH sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan.....	58
Gambar 9. Perubahan nilai suhu sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan.....	60
Gambar 10. Kurva pH dari awal hingga pasca pengolahan dibandingkan dengan baku	

mutu air limbah Peraturan gubernur Bali
Nomor 8 tahun 2007.....62

- Gambar 11.** Kurva nilai COD dari awal hingga pasca
pengolahan dibandingkan dengan
baku mutu air limbah Peraturan gubernur
Bali Nomor 8 tahun 2007.....63
- Gambar 12.** Proses pemuliaan 4 Komposisi lumpur.....64
- Gambar 13.** Proses pengolahan limbah cair industri tahu
menggunakan biji lumpur dengan empat
komposisi.....64
- Gambar 14.** Status limbah industri tahu Jalan
Cokroaminoto Ubung Kaja, Denpasar.....65

PENDAHULUAN

Produksi tahu diketahui terus mengalami peningkatan di daerah pedesaan maupun perkotaan. Usaha tahu mampu menggerakkan perekonomian terutama bagi masyarakat di negara berkembang. Usaha tersebut memiliki pendanaan (investasi) yang rendah dan teknologi serta sistem pengolahan manufaktur yang sederhana (Bapedal, 2000). Statistik jumlah industri tahu di Denpasar, Bali tidak tersedia secara pasti, namun diperkirakan keberadaan industri tahu kian meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya pengetahuan umum tentang gizi dan terjangkaunya harga tahu di masyarakat. Pada proses pembuatan tahu dalam jumlah yang banyak sebanding dengan jumlah air yang dibutuhkan. Air yang digunakan umumnya sebagai pembersih, pendingin, dan bahan baku utama. Jumlah air yang digunakan berkisar 25 L per 1 kg bahan baku kedelai. Kedelai untuk memproduksi tahu mengandung 34,9% protein, 34,8% karbohidrat, 18,1% lemak, dan nutrisi lainnya. Hal ini mengakibatkan air sisa produksi mengandung bahan organik yang tinggi. Sedimen organik dalam limbah menguntungkan bagi perkembangan mikroba. Akibatnya, limbah cair tahu berkontribusi terhadap pencemaran, dan diperlukan pengelolaan limbah yang memadai. Nur Iswanto (1995) mengungkapkan limbah cair industri tahu mengandung *chemical oxygen*

demand 1940-4800 mg/L, *biochemical oxygen demand* 1070-2600 mg/L, padatan tidak larut 2100-3800 mg/L dan pH 4,5-5.7. Air limbah yang dihasilkan mencapai 875 L per 35 kg bahan baku kedelai.

Industri tahu memiliki pengaruh yang baik namun terdapat dampak negatif berupa kerusakan akibat limbah cair produksi tahu dibuang langsung ke badan air tanpa diolah yang mengakibatkan *blooming* (endapan bahan organik di badan air), pembusukan, dan perkembangan mikroorganisme berbahaya. Skenario ini mengeluarkan bau yang tidak sedap dan merupakan sumber penyakit, serta membatasi penetrasi cahaya ke dalam air. Akibatnya, laju fotosintesis oleh tanaman air menurun dan konsentrasi oksigen terlarut dalam air berkurang dengan cepat yang mengakibatkan ekosistem perairan terganggu, sehingga terjadi kondisi anaerobik di dalam perairan (Fardiaz, 2003). Penelitian Alia et al (2004) mengungkapkan limbah industri tahu memiliki komponen risiko pencemaran air permukaan yang tinggi dalam analisis kualitatif dengan limbah cair menjadi komponen yang paling relevan.

Sebelum dibuang ke lingkungan, air limbah tahu harus diolah terlebih dahulu guna menjamin air limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan. Pengelolaan limbah bertujuan untuk mengurangi dan menghilangkan zat beracun dan kontaminasi patogen. Bergantung dari sifat limbah dapat dilakukan pengolahan secara fisik,

kimia, biologi, atau kombinasi dari proses tersebut. Pengolahan secara biologis banyak digunakan untuk limbah cair dari industri makanan. Hal ini disebabkan kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi polutan dan biaya operasinya yang lebih rendah dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya (Chian dan Klein, 1982; Antara, 1996). Dalam proses pengolahan secara biologis, mikroorganisme digunakan untuk menguraikan senyawa organik (Sugihard, 1987).

Sistem lumpur aktif menjadi salah satu teknologi pengolahan limbah biologis yang mengurangi jumlah kontaminasi air limbah industri. Suspensi biologis atau massa mikroba yang sangat aktif dalam mencerna bahan organik terlarut disebut sebagai lumpur aktif. Pendekatan ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memecah bahan organik kompleks menjadi molekul yang stabil, sehingga menurunkan kadar BOD dan COD limbah sebesar 70-95%. Lumpur aktif juga dapat memetabolisme dan menguraikan polutan dalam limbah dan mengolah limbah ini dengan lumpur (Sulistyanto, 2003). Lumpur aktif merupakan zat yang tidak larut, biasanya terdiri dari serat organik selulosa dan akumulasi kehidupan mikroba (Mustofa, 2000). Oleh karena itu, diperlukan upaya strategis untuk mengembangkan dan mempelajari komposisi lumpur di berbagai tempat yang paling efektif dalam mengolah air limbah industri tahu dan digunakan sebagai lumpur aktif.

PERMASALAHAN

Lumpur aktif telah banyak dipelajari sebagai sistem perantara dalam mengolah limbah air industri tahu tetapi belum dilaporkan komposisi efektif untuk penggunaan sedimen perairan tersebut. Pada penelitian ini, permasalahan yang ingin dipecahkan dan diselesaikan yakni 1) Bagaimana pengaruh komposisi lumpur aktif terhadap pertumbuhan biomassa mikroba berdasarkan parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS) dan 2) Bagaimana kemampuan masing-masing komposisi lumpur aktif yang dibibit berdasarkan nilai COD limbah cair industri tahu yang diolah?.

TUJUAN

Pengolahan sedimen perairan tercemar menjadi lumpur aktif digunakan sebagai metode sistem pengolahan limbah secara biologis yang murah, terjangkau dan efektif bagi pelaku usaha khususnya industri tahu. Pada penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai yakni 1) Mengukur dan menganalisis pengaruh komposisi lumpur aktif terhadap pertumbuhan biomassa mikroba berdasarkan parameter *Volatile Suspended Solid* (VSS) dan 2) mengetahui kemampuan masing-masing komposisi lumpur aktif yang dibibit berdasarkan nilai COD limbah cair industri tahu yang diolah.

MANFAAT DAN ORIGINALITAS

Pengolahan limbah yang tepat mampu mengurangi efek pencemaran bagi lingkungan. Dalam buku ini, dijelaskan manfaat sedimen perairan tercemar yang diolah menjadi lumpur aktif untuk penanganan dan solusi strategis bagi industri tahu khususnya di Kota Denpasar. Dengan dilakukan penelitian terkait komposisi lumpur yang efektif untuk pengolahan air limbah industri tahu, kedepan masyarakat dan pengelola usaha mampu meminimalisir efek yang ditimbulkan dan menjadi alternatif pengolahan limbah ramah lingkungan. Kebaruan (*originalitas*) penelitian tercermin dari penggunaan sedimen perairan tercemar dan pengolahannya menjadi lumpur aktif yang belum banyak dilaporkan

BAB 1

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah, Asal dan Sifatnya

Limbah identik dengan sisa hasil kegiatan yang tidak dimanfaatkan dan dianggap tidak berguna baik dari sisi bentuk dan komposisinya. Limbah didefinisikan sebagai hasil buangandari berbagai kegiatan di masyarakat baik industri, perdagangan dan kegiatan domestik rumah tangga dengan komponen utama berupa air (Sudaryati, Kasa, dan Suyasa, 2012). Berdasarkan asal limbah terbagi menjadi empat (Tchobanoglous, 1979) diantaranya limbah rumah tangga (*domestic wastes*), limbah industri (*industrial wastes*), rembesan air tanah lewat saluran dan luapan air hujan. Limbah padat dari bahan organik dan anorganik, limbah sisa makanan olahan, limbah cair berminyak, bahan kimia, dan limbah berupa panas adalah bentuk utama limbah di masyarakat. Molekul nitrogen, karbohidrat, lipid, dan sabun merupakan komponen umum dari sampah organik (Bennet, 1997). Bahan pencemar ditentukan oleh karakteristik dan jenis sumber limbah. Kualitas polutan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis diantaranya fisik, kimia, dan biologis (Reddy dan Subbarao, 1995).

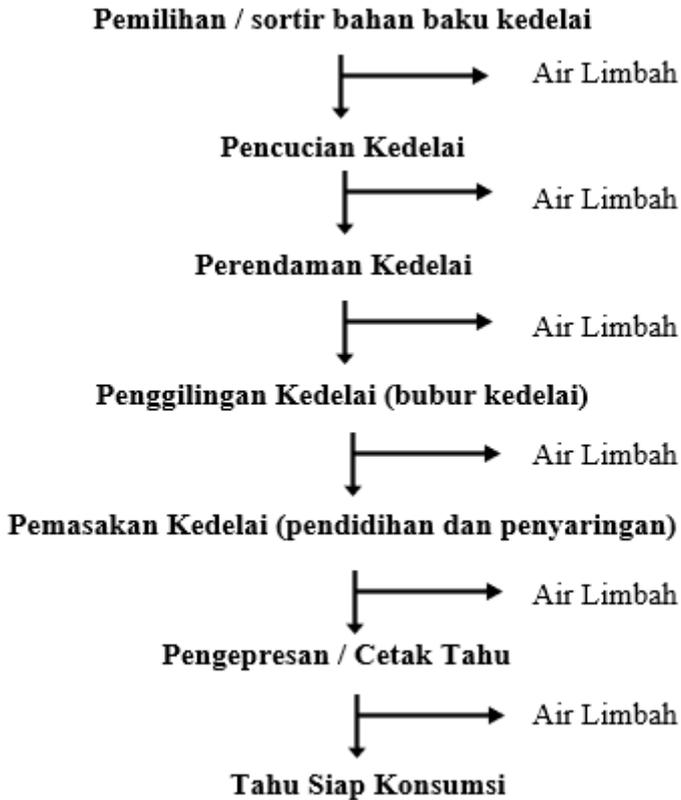
Limbah industri secara kasar diklasifikasikan menjadi dua jenis. Pertama, ada limbah industri dari perusahaan yang membuat bahan organik, seperti makanan, minuman, dan fermentasi, kemudian ada sampah dari sektor kimia. Jenis limbah industri yang pertama memiliki komposisi yang beragam dan sering ditangani dengan oksidasi biologis (Sarjoko, 1991). Kualitas sampah menggambarkan spesifikasi sampah yang dinilai dari jumlah kontaminan dalam sampah. Kandungan polutan dalam sampah terdiri dari banyak karakteristik. Semakin sedikit karakteristik yang ada dan semakin rendah konsentrasinya, semakin kecil kemungkinannya untuk merusak lingkungan. Volume sampah, konsentrasi pencemar, dan frekuensi pembuangan sampah merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas sampah (Sugiharto, 1987).

Air limbah memiliki tiga sifat berbeda yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut: a) Karakteristik fisik, fitur fisik yang jelas dari air limbah memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menentukan tingkat kontaminasi. Padat, bau, warna, dan suhu adalah kualitas fisik yang paling signifikan. b) Karakteristik Kimia, sifat kimia total air limbah dapat berdampak pada ekosistem dalam berbagai cara. Ketika disediakan dengan air bersih, bahan organik terlarut menarik oksigen dari air limbah dan dapat menghasilkan rasa dan aroma yang tidak menyenangkan. Selain itu, lebih berisiko jika zat

tersebut beracun. C) Karakteristik biologis, patogen dalam air limbah dideteksi dengan pemeriksaan biologis air dan air limbah. Data biologis ini diperlukan untuk menilai kualitas air yang digunakan untuk minum dan kolam. Selanjutnya, data biologis digunakan untuk memprediksi tingkat pencemaran sebelum air limbah dilepaskan ke badan air (Sugiharto, 1987).

Limbah Cair Industri Tahu

Tahu merupakan produk kedelai yang telah diolah. Merendam kedelai, menghancurkannya, dan menambahkan air untuk membentuk ampas kedelai adalah cara pembuatan tahu. Susu kedelai dibuat dengan cara merebus dan menyaring tumbukan kedelai yang dihasilkan. Tahu dibuat dengan mengentalkan susu kedelai (kalsium sulfat atau asam asetat), tetapi tahu tetap menggumpal. Kemudian tekan potongan tahu untuk menurunkan kadar air, sehingga tekstur tahu lebih kental. Pencetakan tahu merupakan tahap akhir (Kastyanto, 1992). Gambar 2.1 menggambarkan gambaran tingkat tinggi dari proses produksi tahu, dari kedelai hingga tahu.



Gambar 1. Proses Pembuatan Tahu (Kastyanto, 1992).

Mengolah limbah secara Biologi

Tujuan utama dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi atau menghilangkan penyebaran penyakit yang disebabkan oleh patogen, untuk menjaga agar air limbah tidak membahayakan kesehatan manusia, dan untuk menghindari polusi dan kerusakan lingkungan. Menurut Alaert dan Santika (1990), bakteri dapat ditemukan di hampir semua badan air (baik alam maupun air limbah). Air tanah merupakan pengecualian karena

telah disaring melalui lapisan tanah geologis untuk mengawetkan semua mikroba (kebanyakan berukuran 0,5-3 m). Bahkan air suling yang telah disimpan lama atau air yang telah didesinfeksi secara teratur tidak mengandung mikroorganisme berbahaya. Patogen yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, seperti *Salmonella*, *Shigella dysensis*, dan *Vibrio cholerae*, dapat ditemukan di air yang terkontaminasi.

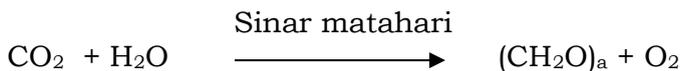
Secara umum, proses pengolahan sampah dibagi menjadi tiga tahap. (1) Proses mekanis yang melibatkan penyaringan limbah padat, penghilangan lemak, penyerapan gelembung, dan sedimentasi atau pengendapan. (2) Proses peningkatan kimia meliputi adsorpsi, pertukaran ion, osmosis, dan oksidasi kimia. (3) Kemajuan biologis. Hal ini bergantung pada aktivitas mikroba yang memakan limbah untuk mensintesis komponen biologis dan menciptakan bakteri baru (Mahida, 1993). Zulkifli (2001) mengungkapkan pengolahan air limbah dengan kontak biologis putar memiliki efektivitas penyisihan rata-rata 97% pada RBC dan konsentrasi akhir air limbah di bawah kriteria kualitas, dengan demikian perlu dilakukan pengolahan pada limbah pabrik tahu. Jumlah limbah cair dan bakteri kategori I yang dihasilkan ditentukan oleh unsur-unsur yang ada dalam limbah tahu selama pengolahan sel darah merah dan nutrisi yang digunakan sebagai sumber energi. *Wastewater Biological Treatment* adalah teknologi

pengolahan air limbah yang menggunakan aktivitas mikroba untuk mengubah substrat tertentu untuk mengurangi atau menghilangkan substrat tertentu dalam air limbah. Supriatin (1993) menemukan pengolahan limbah biologis dilakukan dengan bantuan berbagai mikroorganisme. Bakteri, jamur, alga, protozoa, cacing, dan krustasea adalah contoh organisme yang berperan dalam sistem pengolahan air limbah aerobik.

Bakteri adalah jenis mikroorganisme yang paling umum ditemukan dalam sistem pengolahan limbah. Kultur bakteri dapat digunakan untuk memurnikan air limbah dari bahan organik dan mineral yang tidak diinginkan. Mayoritas bakteri secara kimiawi heterotropik. Mereka mendapatkan energi dan karbon dari bahan organik. Karena mereka dapat memecah puing-puing organik, heterotrof kimia adalah bakteri yang paling penting dalam pengolahan air limbah. Beberapa bakteri mengoksidasi zat anorganik pereduksi seperti NH_3 dan memanfaatkan CO_2 sebagai sumber karbon untuk menghasilkan energi. Bakteri autotrofik kemosintetik, juga dikenal sebagai bakteri kemosintetik yang berperan sangat penting untuk pengolahan limbah terutama untuk bakteri nitrifikasi yang mengoksidasi nitrogen nitrat. *Nitrosomonas* memanfaatkan amonia sebagai sumber energi dan *Nitrobacter* menggunakan nitrit sebagai sumber energi. Kedua bakteri tersebut sebagai bakteri nitrifikasi yang umum ditemukan di fasilitas pengolahan limbah (Dwidjoseputro, 1994). Beberapa bakteri memiliki kapsul

atau lapisan lendir dengan ketebalan yang berbeda. Lendir ini berfungsi sebagai pengikat puing-puing bakteri. Partikel-partikel ini terdiri dari urutan sel individu yang muncul selama pemrosesan limbah biologis dan dapat dipisahkan menggunakan gravitasi. Kultur campuran dapat memetabolisme berbagai macam zat karena setiap jenis bakteri dapat memetabolisme keluarga molekul yang berbeda (Jenie dan Rahayu, 1993).

Algae termasuk kedalam bakteri aerob fotosintesis yang hidup bila ada cukup cahaya, kelembaban, dan nutrisi dasar (Metcalf dan Eddy, 1991). Alga atau alga menerima energi dari sinar matahari dan mensintesis sel tumbuhan menggunakan komponen anorganik seperti karbon dioksida, amonia, nitrat, dan fosfat. Seperti yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini, molekul oksigen dihasilkan selama fotosintesis:



Oksigen dibuang ke lingkungan dan dikonsumsi oleh mikroorganisme dalam metabolisme bahan organik. Ganggang biru-hijau dan ganggang hijau adalah ganggang yang paling umum ditemukan di air limbah. Meskipun fotosintesis adalah mekanisme konversi energi utama, spesies ganggang biru-hijau tertentu mampu memecah bahan organik kompleks. Beberapa ganggang biru-hijau telah diamati untuk memperbaiki nitrogen (Jenie dan Rahayu, 1993). Fungi diidentifikasi sebagai makhluk heterotrofik yang mengandalkan zat organik untuk

makanan. Saprofit adalah jamur yang bertahan hidup pada bahan organik terlarut. Saprofit menguraikan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang kompleks, memecahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana (Dwidjoseputro, 1994). Jamur adalah makhluk multiseluler, non-fotosintetik, aerobik, bercabang, dan berserabut yang mencerna makanan larut. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme senyawa organik. Kelompok spesies mana yang akan menang akan ditentukan oleh faktor lingkungan.

Jamur akan berkembang biak jika limbah memiliki pH rendah, kadar air rendah, konsentrasi nitrogen rendah, atau kekurangan nutrisi tertentu. Karena struktur miseliumnya, organisme ini kurang ideal untuk digunakan pada unit pengolahan limbah biologis karena tidak mengendap dengan baik (Jenie dan Rahayu, 1993). Untuk menghambat pembentukan jamur, alkali harus digunakan untuk menaikkan pH dan nitrogen amonia harus ditambahkan untuk meningkatkan konsentrasi nitrogen. Rotifera adalah makhluk multiseluler (metazoan) yang bersifat aerob, heterotrofik, dan aerob. Rotifera memiliki rambut getar di kepala mereka yang membantu mereka bergerak dan menangkap mangsa (Metcalf dan Eddy, 1990). Rotifera, yang merupakan organisme multiseluler yang mampu memecah makanan padat, ditemukan di lingkungan dengan oksigen terlarut yang relatif stabil sepanjang waktu. Rotifera membantu menghasilkan air limbah yang tidak keruh dengan

memecah partikel yang tidak dapat dikonsumsi oleh protozoa (Jenie dan Rahayu, 1993). Protozoa adalah jenis organisme yang bergerak, uniseluler, dan tidak memiliki dinding. Mayoritas protozoa adalah karnivora yang memakan bakteri. Protozoa selanjutnya dibedakan oleh sel eukariotik dengan inti yang lebih canggih dan terikat membran daripada prokariota bakteri. Flagellata dengan silia yang bergerak bebas dan batang bersilia yang terhubung ke partikel padat bercabang adalah contoh protozoa yang ditemukan dalam sistem manipulatif aerobik (Jenie dan Rahayu, 1993).

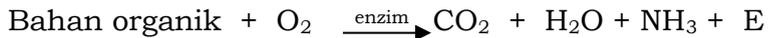
Protozoa merupakan komponen penting dalam rantai makanan ekosistem perairan. Banyak komunitas di habitat lahan basah dan perairan memiliki keseimbangan ekologis di mana protozoa bersifat saprotrofik dan memakan bakteri. Protozoa mengonsumsi bahan kimia yang dihasilkan oleh organisme yang terlibat dalam tahap terakhir degradasi bahan organik (Dwidjoseputro, 1994). Protozoa berguna untuk menangani sampah karena mereka memakan bakteri dan tidak melebihi jumlah sel bakteri. Selanjutnya, bantuan protozoa dalam pengurangan puing-puing organik yang tidak tercerna dalam sistem pengolahan, menghasilkan air limbah yang lebih bersih dan berkualitas lebih tinggi. *Vorticella* adalah protozoa yang sering ditemukan dalam pengolahan air limbah.

Crustacea memiliki kulit yang keras dan merupakan makhluk multiseluler. Makhluk-makhluk ini berkembang

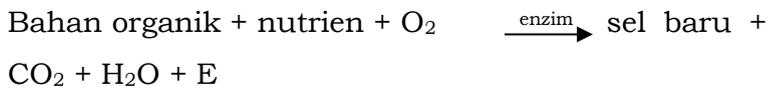
di lingkungan yang sangat stabil dan sebagian besar memakan spesies yang lebih kecil. Dengan demikian, organisme berkontribusi pada produksi air limbah yang lebih bersih dan representasi air limbah berkualitas tinggi dari sistem pengolahan aerobik (Jenie dan Rahayu, 1993). Organisme ini dapat berkembang biak dalam keadaan aerobik (dengan oksigen) atau anaerobik (tanpa oksigen) melalui proses biokimia. Air dan karbon dioksida adalah produk akhir dari proses aerobik, sedangkan metana adalah output utama dari proses anaerobik. Secara umum, prosedur pengolahan air limbah anaerobik lebih lambat dari proses aerobik.

Mikroorganisme juga dapat bernapas menggunakan cadangan makanan internal yang dibangun sebelumnya, dan cadangan digunakan tanpa adanya pasokan makanan eksternal. Sintesis dan respirasi endogen terjadi secara bersamaan dalam sistem biologis, dengan sintesis menjadi lebih kuat ketika sumber daya eksternal berlimpah. Ketika ada sedikit atau tidak ada makan ekstrinsik, respirasi intrinsik mengambil alih. Adanya zat organik (makanan), metabolisme mikroba, pembentukan sel baru, peningkatan energi, dan pembentukan padatan mikroba. Respirasi endogen meningkat dan padatan mikroba menurun tanpa adanya pasokan makanan (Jenie dan Rahayu, 1993). Menurut Supriatin (1993), proses perombakan bahan organik berkaitan langsung dengan aktivitas enzimatik yang dilakukan oleh bakteri. Berikut ini adalah langkah-langkah reaksi enzimatik:

1. Ketika limbah cair bersentuhan dengan massa mikroba, nutrisi dikumpulkan dalam sel mikroba sebagai bahan persiapan, dan bahan organik berkurang. Persamaan berikut menggambarkan oksidasi bahan organik.



2. Kenaikan massa mikroba berkorelasi dengan penurunan atau pengurangan unsur organik. Produksi bahan sel sebagai berikut.



3. Oksidasi massa sel mikroba yang terjadi melalui respirasi endogenous. Oksidasi sel sebagai berikut.



Sistem tidak dapat diisolasi dari interaksi biologis dengan mikroorganisme saat memproses limbah biologis. Karbon, oksigen, nitrogen, dan fosfor, di antara elemen pembentuk sel lainnya, harus dikirimkan secara intraseluler dalam bentuk molekul organik atau anorganik terlarut, dan reseptor hidrogen harus dapat diakses. Mikroba anaerob menggunakan sulfat, nitrat, karbohidrat, atau zat biomikroba sebagai akseptor oksigen, sedangkan mikroorganisme aerob menggunakan oksigen.

Senyawa atau sinar matahari dapat digunakan sebagai sumber energi. Jenis dan kandungan bahan menentukan biodegradabilitas suatu senyawa. Molekul organik memiliki kualitas tinggi (cepat), sedangkan bahan

anorganik memiliki sifat rendah (lambat) (lambat atau sangat lunak). Pada kenyataannya, biodegradabilitas diatur oleh berbagai elemen abiotik (bentuk, kadar air, fitur, komposisi medium, dll.) dan biologis, terutama di lingkungan alam (bentuk dan karakteristik tubuh). Limbah non-domestik (biasanya anorganik) dan limbah domestik (biasanya terdiri dari komponen organik) mengandung variasi yang cukup besar dalam biodegradabilitas dengan berbagai zat, dan oleh karena itu ditemukan dalam penelitian proses biologis. Karena seluruh prosesnya bersifat enzimatik, maka tubuh berfungsi sebagai substrat (Suriawiria, 1996). Pengolahan air limbah secara biologis adalah proses pengolahan limbah yang menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan zat-zat organik dalam air limbah. Mekanisme biologis ini memiliki dua aspek penting. Secara khusus, proses a) penyediaan oksigen (ventilasi) dan b) pertumbuhan bakteri.

Penambahan oksigen (*Aerasi*), penambahan oksigen dimaksudkan untuk meningkatkan habitat dan keadaan air sehingga bakteri yang memakan bahan organik dapat tumbuh dan berkembang biak secara efektif, menjamin kelangsungan hidupnya. Mencegah pengendapan di tangki aerasi dapat dilakukan dengan menyediakan udara yang lancar. Adanya lumpur akan menyebabkan pengangkutan oksigen ke dalam sel menjadi lambat. Hal ini akan mengakibatkan kondisi bakteri anaerob (Sugiharto, 1987). Pada kenyataannya, ada dua metode

untuk memasukkan oksigen ke dalam air limbah: 1) Memasukkan udara bersih ke dalam air limbah melalui nozzle dengan cara nozzle diposisikan di tengah dan bawah tangki aerasi maka udara masuk dengan cara didorong ke dalam air limbah oleh pompa tekanan dari udara luar. 2) Menghubungkan air limbah dengan oksigen melalui baling-baling berputar yang ditempatkan di permukaan air limbah. Air limbah akan terangkat sebagai hasil dari rotasi ini yang memungkinkan bersentuhan langsung dengan udara di sekitarnya.

Proses Pertumbuhan Bakteri, bakteri diperlukan untuk penguraian bahan organik dalam air limbah. Akibatnya, sejumlah besar bakteri diperlukan untuk memecah senyawa ini. Bakteri akan berkembang biak jika jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri yang konstan; awalnya, bakteri berkembang biak terus-menerus dan tumbuh agak lambat karena suasana baru di air limbah; situasi ini dikenal sebagai fase log; setelah fase log, bakteri akan berkembang biak jika jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri yang konstan. Bakteri mulai berkembang biak setelah beberapa jam, dan ini dikenal sebagai fase akselerasi. Ekspansi cepat yang mengikuti fase kedua ini disebut sebagai fase lag. Selama fase lag, suplai makanan dilakukan dalam jumlah besar, sehingga terjadi pertemuan antara peningkatan pertumbuhan bakteri dan penurunan jumlah makanan yang

terkandung di dalamnya secara bersamaan. Jika tahap ini berlanjut, maka akan terjadi ketidakseimbangan jumlah bakteri dan makanan, yang dikenal dengan fase penurunan pertumbuhan. Pada titik tertentu, makanan akan habis, dan kematian bakteri akan naik ke titik di mana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai seimbang, suatu tahap yang dikenal sebagai fase diam.

Proses Penanganan Limbah secara Aerobik

Teknik pengolahan aerobik sering digunakan terutama untuk pengolahan air limbah rumah tangga dan non-domestik dari desa dan perusahaan. Mikroorganisme memanfaatkan energi yang dilepaskan ketika zat organik terdegradasi untuk membangun protoplasma baru dalam pengolahan limbah biologis. Sehingga, prosedur ini dibagi menjadi dua tahap: penambahan (nilai tambah) dan pengurangan (pengurangan nilai). Selama fase logaritmik perkembangan mikroba, nilai residu meningkat, sedangkan mengalami menurun selama fase penurunan. Kedua fase tersebut ditentukan oleh jumlah nutrisi yang tersedia (Suriawiria, 1996).

Pengolahan aerobik yang dilakukan secara menyeluruh dapat mengubah bahan organik dalam sampah menjadi CO₂ dan air. Oksidasi biologis mengacu pada proses mengubah bahan organik menjadi bahan kimia sederhana menggunakan bakteri aerobik. Selain oksidasi biologis (respirasi), senyawa sampah organik dibiosintesis untuk

menghasilkan gumpalan sel (Hawkes, 1983). Instalasi pengolahan aerobik digunakan dalam pengolahan air limbah untuk menghilangkan bau yang tidak diinginkan, memenuhi peraturan air limbah, dan menstabilkan air limbah sebelum dilepaskan ke perairan terbuka. Sebuah populasi mikroba campuran terlibat dalam pengolahan limbah untuk proses biologis aerobik. Banyak faktor yang mempengaruhi penempatan, termasuk jenis dan lokasi limbah yang akan diolah, suhu, dan yang paling penting lamanya waktu mikroba berdiam dalam sistem perangkat (Sarjoko, 1991). Berbagai kelompok mikroorganisme memiliki tingkat pertumbuhan yang berbeda. Hanya pada suhu di atas 100 °C bakteri nitrifikasi dengan perkembangan yang relatif sedang dapat dilindungi secara efektif. Ketika beban lumpur kurang dari 0,2 BOD/kg lumpur/hari. Pada beban lumpur tinggi atau suhu rendah, karakteristik nitridasi lumpur menurun dengan cepat. Ketika beban lumpur melebihi 0,5 kg BOD/kg lumpur/hari, tingkat pencucian mungkin mencapai 90%. Pada 1 kg BOD/kg lumpur/hari, laju pencucian dapat mencapai sekitar 75% (Apeldoorn, 1981; Sardjoko, 1991).

Proses aerobik diklasifikasikan menjadi dua jenis: proses yang menggunakan biomassa mengambang (floating growth) dan proses yang membutuhkan biomassa tidak bergerak (akresi). Proses aerobik dengan biomassa terapung termasuk lumpur aktif, nitrifikasi dengan biomassa terapung, tangki aerasi, pencernaan aerobik

(udara konvensional dan oksigen murni), tangki alga cepat kecil dan besar, prefilter, perangkat kontak biologis berputar, dan reaktor dengan dasar tetap. Sistem yang paling umum digunakan dalam proses pengolahan aerobik adalah lumpur aktif, trickling filter, dan tangki oksida. Suriawiria (1996)

Kajian Lumpur Aktif (Activated Sludge)

Metode lumpur aktif adalah proses biologis aerobik yang dapat meremediasi berbagai limbah. Metode ini serbaguna dan mudah beradaptasi, dan dengan menyesuaikan parameter proses, kualitas limbah yang sesuai dapat dihasilkan. Setiap hari, pengurangan BOD yang sangat efektif dapat diperoleh. Teknik ini membutuhkan lebih sedikit area tetapi menawarkan lebih banyak alternatif daripada sistem dasar seperti kolam oksida dan laguna aerasi. Proses dan bahan biologis dalam peralatan pengolahan disebut sebagai lumpur aktif. Lumpur aktif adalah bahan biologis kompleks yang dibuat dengan mengolah sampah organik secara aerobik.

Lumpur adalah rumah bagi berbagai mikroorganisme heterotrofik, termasuk bakteri, protozoa, dan spesies yang lebih tinggi. Mikroorganisme yang mendominasi ditentukan oleh limbah yang diolah dan bagaimana prosedurnya. Pada kenyataannya, sebagian besar pabrik lumpur aktif berjalan pada sistem aliran kontinu dengan pertumbuhan mikroba yang stabil. Perkembangan

mikroorganisme menghasilkan massa yang dapat membuat lumpur aktif tetap mengapung saat pengadukan, tetapi ketika pengadukan dihentikan, massa mengendap. Hal ini disebabkan oleh fakta padatan tersebar di seluruh unit biologis dan dapat dipisahkan dengan cepat oleh unit pemisahan.

Ketika air limbah organik bersentuhan dengan "lumpur biologis", BOD turun atau terdepresiasi. Sludge adalah bahan tidak larut yang selalu terlihat jelas pada semua tahap pengolahan dan terdiri dari serat organik kaya selulosa yang mengumpulkan kehidupan mikroba. Teknik lumpur aktif sering digunakan untuk membersihkan air limbah, terutama limbah dari komunitas yang berpenduduk padat atau rumah dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Ide dasar di balik pengolahan aerobik adalah untuk secara menyeluruh mendegradasi komponen organik dari sampah dalam waktu singkat. Mikroorganisme, terutama bakteri, bertanggung jawab atas sebagian besar degradasi. Pemecahan bakteri dipengaruhi oleh parameter berikut selama metabolisme: (a) jumlah nutrisi, dan (b) jumlah oksigen. Kedua parameter yang disebutkan di atas relevan dengan pertumbuhan bakteri. Bakteri akan tumbuh secara efektif dan menyediakan energi yang cukup untuk menurunkan jumlah senyawa organik kecuali sumber pakan cukup dan jumlah oksigen terbatas. Selama rasio nutrisi memadai, aktivitas mikroba tersebar merata. Maeda (1992)

menemukan bahwa pengiriman oksigen sangat penting dalam sistem lumpur aktif. Selama prosedur, konsentrasi oksigen terlarut dimaksudkan untuk lebih dari 0,5 mg/L. Kondisi ini dapat dicapai dengan meningkatkan laju aerasi di tangki aerasi menjadi 0,10.2 vvm. Menurut Hawkes (1983), jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam sistem ditentukan oleh kebutuhan oksigen dari limbah yang akan diolah. Sampah organik memerlukan konsentrasi oksigen tinggi, seperti limbah cair pabrik makanan. Limbah cair yang memiliki BOD lebih besar dari 1000 mg/l sebaiknya ditangani secara anaerobik kemudian secara aerobik.

Kumpulan partikel yang terbentuk selama pengolahan aerobik dikenal sebagai lumpur aktif. Artinya, mikroba membutuhkan oksigen untuk metabolisme guna menjaga aerasi terus menerus. Partikel terdiri dari mikroba heterotrofik seperti bakteri, jamur, dan protozoa. Kata aktivitas mengacu pada kemampuan mikroorganisme lumpur aktif untuk memetabolisme dan mendegradasi kontaminan yang ditemukan dalam air limbah (Hawkes, 1983). Menurut Antara dkk. (1997), limbah cair dari sektor pengolahan daging dapat ditangani dengan sistem lumpur aktif. Pemrosesan batch paling baik dilakukan, dengan konsentrasi COD awal 2700 mg/l. Proses dasar lumpur aktif dibagi menjadi dua komponen. Perawatan aerobik terus menerus untuk memisahkan padatan dari cairan, serta sistem aerasi yang berfungsi sebagai tangki

sedimentasi. Ventilasi tidak hanya bertindak sebagai sumber oksigen, tetapi juga membantu pencampuran yang tepat dari unit ventilasi. Bakteri dalam lumpur aktif tumbuh cepat selama aerasi limbah, menghasilkan peningkatan biomassa total (M) dan pengurangan senyawa organik (F). Dengan naiknya M , rasio F/M terus menurun. Ketika rasio F/M turun di bawah ambang batas tertentu, sel-sel mulai membentuk gumpalan yang dikenal sebagai serpihan lumpur aktif. Selanjutnya, kontaminan dikeluarkan dari air limbah dan lumpur, dan beberapa biomassa yang diendapkan dikembalikan ke tangki aerasi, memastikan bahwa rasio F/M tetap konstan. Kelebihan produksi bakteri berkurang dengan adanya lumpur. Ketika air limbah mencapai akhir, bahan organik dicerna dan bakteri memasuki tahap endogen (Tchobanoglous, 1979).

Berikut ini adalah mekanisme penguraian komponen organik dalam air limbah. Zat organik diserap di permukaan lumpur dan kemudian dicerna oleh enzim ekstraseluler menjadi molekul kecil yang dapat melewati membran sel bakteri. Bakteri harus memecah molekul-molekul ini menjadi pecahan. Asam lemak rantai panjang dan zat kimia kompleks lainnya yang tidak dapat didegradasi ditarik ke dalam dan diserap oleh komponen lipid membran sel. Proses mengubah komponen organik menjadi protoplasma terjadi selama tahap pembuatan sel (Hawkes, 1983). Antara (1996) menemukan bahwa

pengolahan limbah tahu cair menggunakan sistem lumpur aktif menghasilkan efisiensi penyisihan polutan lebih dari 90 n dan masa pakai lumpur lebih dari 11,1 hari.

Indikator Pencemaran

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa parameter yang digunakan untuk menilai suatu lingkungan dalam kondisi tercemar atau tidak.

1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan kimia dan bahan organik dalam air dikenal sebagai Chemical Oxygen Demand (COD). Karena jumlah bahan kimia yang dapat teroksidasi secara kimia lebih besar daripada jumlah komponen biologis, nilai COD selalu lebih dari atau sama dengan kebutuhan oksigen biokimia tubuh air (Saeni, 1989). Permintaan oksigen kimia, didefinisikan oleh Alaert dan Santika (1990), adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua senyawa organik dan kimia dalam air menggunakan oksidan. Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dimanfaatkan sebagai sumber oksigen (pengoksidasi). Katalis: perak sulfat (Ag_2SO_4). Nilai COD merupakan ukuran pencemaran air yang disebabkan oleh molekul organik yang teroksidasi secara alami oleh proses kimia sehingga menyebabkan berkurangnya oksigen

terlarut di dalam air. Sampel dan reaksi dipanaskan dalam reaktor COD selama 2 jam selama reaksi. Untuk mempercepat proses, ditambahkan perak sulfat Ag_2SO_4 sebagai katalis. Setelah pemanasan, oksidan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ harus bertahan agar semua bahan organik teroksidasi total. Jumlah oksigen yang digunakan dihitung menggunakan sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam larutan. Titrasi dengan amonium ferro sulfat digunakan untuk menentukan sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (FAS). Ketika warna pirus larutan berubah menjadi coklat kemerahan, indikator ferroin digunakan untuk menunjukkan titik akhir titrasi. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang tersisa dalam larutan blanko adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ asli. Hal ini disebabkan nilai blanko tidak mungkin mengandung senyawa organik yang dapat dioksidasi oleh $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Alaerts dan Santika, 1990).

2. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) semua bahan organik terlarut dan beberapa bahan organik yang mengambang di air disebut sebagai bilangan BOD. Pengujian BOD diperlukan untuk mengidentifikasi polusi dalam air limbah rumah tangga atau industri dan merancang sistem pemurnian biokimia untuk air yang tercemar. Dekomposisi bahan organik terjadi secara spontan ketika badan air tercemar bahan organik. Bakteri dapat menurunkan oksigen terlarut

dalam air dan membunuh ikan selama proses dekomposisi, mengubah lingkungan menjadi anaerobik dan menyebabkan bau busuk di badan air (Alaerts, 1990). Penelitian BOD didasarkan pada reaksi oksidatif oksigen dan bahan organik dalam air, yang terjadi dengan adanya mikroorganisme aerobik. Karbon dioksida, air, dan amonia dihasilkan sebagai hasil oksidasi. Respon biologis uji BOD dilakukan selama 5 hari pada suhu 200 °C, sehingga berlaku panjang BOD 20 lengkap (angka 20 berarti suhu inkubasi, angka 5 berarti waktu inkubasi). Nilai BOD air dipengaruhi oleh suhu, bioaktivitas, sinar matahari, dan kadar oksigen terlarut (Alaerts, 1990). Suhu, kepadatan plankton, keberadaan mikroba dan spesies, serta kandungan bahan organik semuanya mempengaruhi nilai BOD air, menurut Effendi (2003). Limbah/busuk tanaman merupakan sumber bahan organik dalam air alami. Air alami memiliki nilai BOD 0,57 mg/l, sedangkan air dengan nilai BOD lebih besar dari 10 mg/l dianggap tercemar (UNESCO, 1992; Effendi, 2003). Pengurangan oksigen terlarut dihasilkan oleh peningkatan populasi organisme dan laju dekomposisi. Air dengan nilai BOD tinggi yang tidak mampu menaikkan kadar oksigen terlarut sangat berbahaya bagi kehidupan biota perairan (Saeni, 1989; Mahida, 1993).

3. Aroma

Aroma air limbah dihasilkan oleh penguraian bahan organik, jenis mikroba tertentu, dan bahan kimia seperti fenol, menurut Sutrisno (2002). Bau air ditentukan oleh bahan kimia, alga, plankton, atau sumber air yang diciptakan oleh tanaman air hidup dan mati. Pengurangan sulfat dan keberadaan mikroba anaerobik keduanya dapat menghasilkan bau busuk dalam air limbah (Fardiaz, 1992). Sastromedjo (1985), bau ditimbulkan dari bahan organik terlarut seperti fenol, klorofenol, dan protein.

4. Warna

Warna sejati yang disebabkan oleh zat terlarut (true colors) dan warna semu (pseudo colors) yang disebabkan oleh padatan tersuspensi yang mengandung koloid adalah dua bentuk warna air (Fardiaz, 1992). Ion logam (besi, mangan), humus, gambut, plankton, dan limbah industri semuanya dapat berkontribusi pada warna air. Warna air ditentukan oleh tingkat pH. Semakin keruh (berwarna) air, semakin tinggi nilai pH (Husin, 1988). Menurut Sutrisno dkk. (1987), air berwarna alami dari rawa-rawa dan hutan tidak berbahaya atau beracun.

5. pH (Power of hydrogen)

Derajat Keasaman (*Power of Hydrogen*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelangsungan

hidup makhluk air. Akibatnya, pH air sering digunakan sebagai indikasi kualitas air. Mikroorganisme (bakteri) tumbuh subur pada pH netral dan basa, sedangkan fungi (jamur) tumbuh subur pada pH rendah (asam), sehingga proses penguraian organik dipercepat pada pengaturan pH netral dan basa (Effendi, 2003). Sebagian besar bakteri tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0, menurut Sutrisno dan Suciastuti (1987), meskipun yang lain memiliki pH rendah 2,0, seperti *Thiobacillus thiooxidans* dan *Alcaligenes faecalis*. pH 8,5 rendah dan tinggi. Toksisitas suatu bahan kimia dapat dipengaruhi oleh keasamannya (pH). Senyawa amonium dalam air memiliki pH yang sangat rendah dan tidak beracun; tetapi, senyawa amonium dalam air sangat beracun dalam keadaan basa (pH tinggi).

6. *Volatile Suspended Solid (VSS)*

Volatile Suspended Solid (VSS) adalah padatan tersuspensi yang dikeringkan dalam oven pada suhu 600 °C selama 2 jam, mengakibatkan hilangnya semua zat organik sebagai gas H₂O dan CO₂. Residu yang mudah menguap terdiri dari komponen organik yang rusak selama pembakaran, serta sejumlah kecil bahan kimia anorganik terdegradasi dan kristal air (Alaerts dan Santika, 1990).

BAB 2

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

Kerangka Konseptual

Limbah cair adalah sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Peran manusia sebagai makhluk yang mendominasi dalam memutuskan terjadinya perubahan di berbagai bagian kehidupan dan lingkungan sangat penting untuk memenuhi tuntutan hidup yang beragam. Kebutuhan fisiologis, kebutuhan rasa aman dan perlindungan, kebutuhan sosial, kebutuhan penghargaan, dan kebutuhan pemenuhan diri merupakan contoh kebutuhan dasar manusia. Karena kebutuhan manusia yang esensial, berbagai aktivitas manusia, baik kolektif maupun individu, membutuhkan keberadaan air, baik secara langsung maupun tidak langsung. Misalnya, sektor tahu muncul sebagai jawaban atas tuntutan kuliner seperti lauk pauk. Karena tidak semua air yang digunakan dalam usaha tahu terkandung dalam barang dan bahan yang dihasilkan, maka penggunaan air untuk operasional di industri tahu adalah limbah cair. Komponen limbah cair usaha tahu adalah limbah cair yang dihasilkan dari sistem pembersihan, pembekuan, pemasakan, dan pembuatan. Masalah lingkungan dan

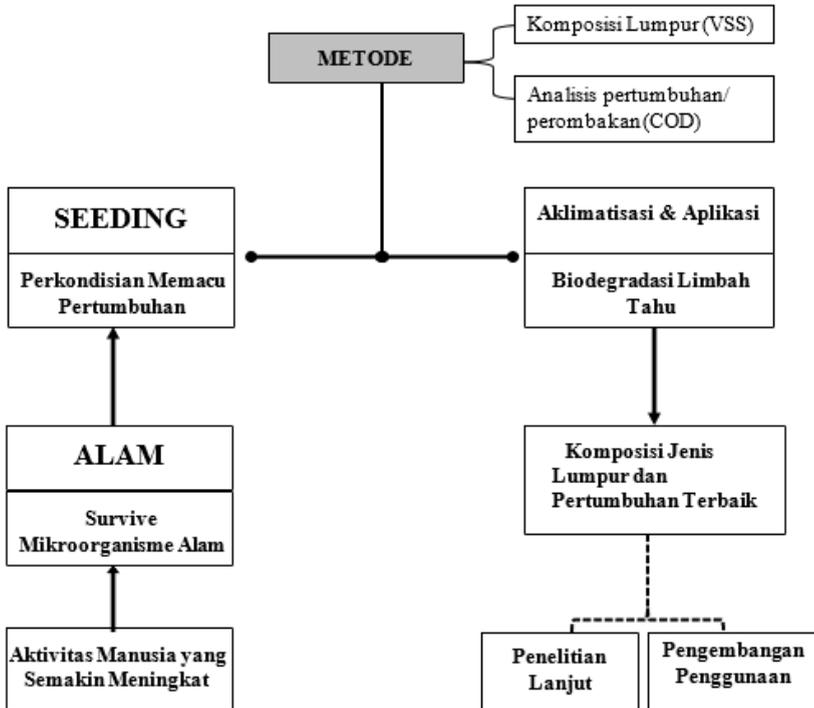
kesehatan muncul sebagai akibat dari pengolahan limbah yang salah di kota-kota dan di seluruh negeri. Selain itu, air danau dan sungai tercemar, menyebabkan spesies air mati dan manusia tidak dapat menyerap air secara efektif. Limbah cair yang tertahan atau tergenang di suatu tempat dalam waktu lama dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk dan kuman berbahaya. Bagaimanapun, keberadaan sumber makanan dalam air limbah memungkinkan bakteri berkembang biak di lingkungan dan menginfeksi berbagai penyakit.

Ilmu pengetahuan dan teknologi pengolahan air limbah memiliki berbagai dampak negatif bagi kehidupan manusia dan lingkungan yang mungkin ditimbulkan oleh limbah cair baik secara sengaja maupun tidak sadar. Secara umum, proses pengolahan sampah dibagi menjadi tiga tahap. Ini didefinisikan sebagai (1) prosedur mekanis yang mencakup penyaringan limbah padat, penghilangan lemak, penyerapan gelembung, dan sedimentasi atau pengendapan. (2) Mekanisme peningkatan kimiawi seperti absorpsi, pertukaran ion, osmosis, dan oksidasi kimia. (3) Kemajuan biologis. Hal ini tergantung pada aktivitas mikroba untuk memproduksi komponen seluler untuk penciptaan mikroba baru dari limbah (Mahida, 1993). Salah satu jenis pengolahan limbah cair tahu adalah lumpur aktif, yang diawali dengan pembibitan dari endapan air yang tercemar atau perkembangbiakan mikroba di laboratorium dengan menggunakan media dan

kondisi nutrisi yang tepat untuk mempercepat perkembangan mikroorganisme. Metode pengukuran VSS (*suspended volatile solids*) digunakan untuk mengubah kontaminan atau polutan organik dalam limbah dan untuk memantau pertumbuhan biomassa mikroba. Selanjutnya, setelah mengumpulkan lumpur yang diunggulkan dan mengadaptasi atau mengaklimatisasi mikroorganisme dengan air limbah yang diolah, limbah tahu cair dibiodegradasi menggunakan komposisi lumpur, dan COD diukur dan dibuang dari masing-masing komposisi lumpur. Kerangka konseptual studi ini secara sederhana disajikan pada gambar 2.

Hipotesis

Hipotesis diartikan sebagai luaran, jawaban dan atau kesimpulan sederhana yang bersifat sementara dan diperlukan bukti empiris berbasis fakta dan data dari hasil pengujian. Pada bab ini hipotesis dirumuskan kedalam dua bentuk diantaranya: 1) H_0 = Antara komposisi lumpur yang berbeda tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai VSS dan COD atau lumpur aktif mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu; 2) H_1 = Antara komposisi lumpur yang berbeda berpengaruh terhadap perubahan nilai VSS dan COD atau lumpur aktif mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu.



Gambar 2. Kerangka Konseptual Studi/penelitian.

BAB 3

METODOLOGI

Rancangan penelitian

Pada studi ini kami menggunakan rancangan acak total dengan pola faktorial yang terdiri dari dua elemen dalam tiga iterasi dalam penelitian ini. Komposisi lumpurnya adalah Faktor I. Secara khusus, lumpur 100 persen dari limbah industri tahu (Bibit DI), campuran parit industri tahu 50 n (bibit II), dan lumpur kombinasi. 50 Limbah Industri Tahunan 50% Rumah Potong Hewan Pesanggaran (bibit III), Lumpur dari campuran 50% Limbah Industri Tahu, 25% Rumah Potong Hewan Pesanggaran, dan 25% Sungai Badung (bibit IV), dan Pengendalian, Faktor II adalah waktu proses. T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, sepuluh tingkatan pengobatan, yaitu: T1 = satu hari terapi. T2 = 5 hari perawatan; T3 = 9 hari perawatan; T4 = 13 hari perawatan; T5 = 17 hari perawatan; T6 = 21 hari perawatan; T7 = 25 hari perawatan; T8 = 29 hari perawatan; T9 = 33 hari perawatan; T10 = 37 hari perawatan

Cara sampling

Sampel adalah limbah cair dari usaha tahu yang dikumpulkan dari lokasi pabrik tahu di Jalan

Cokroaminoto Denpasar. Menggunakan tabung 20 liter, dicuci dan dibersihkan dengan aquades dan air sampel. Pembersihan kedelai, pembuatan tahu, dan pengangkutan sampel yang tertutup rapat ke laboratorium. Pengambilan sampel lumpur dilakukan di tiga lokasi yaitu tempat pembuangan limbah industri tahu, sungai Badung, dan lumpur dari rumah potong hewan di Pesangalan. Pengumpulan lumpur ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan sampel acak, di mana lumpur dikumpulkan secara acak dengan sendok/semprotan dan diringkas untuk prosedur berikut sehingga diharapkan ada sejumlah besar mikroorganisme. Lumpur yang digunakan selalu tergenangi air dengan aliran lamban.

Lokasi dan tempat studi dilakukan

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Kimia Universitas Udayana, Institut Ilmu Matematika (FMIPA), dan Institut Analisis, dan menyelidiki parameter yang dihasilkan dari nilai VSS (padatan suspensi yang mudah menguap) dalam komposisi. Parameter lumpur biji dan COD air limbah pengolahan tahu dibuat dari komposisi lumpur biji. Penelitian ini akan berlangsung selama dua bulan, dengan dua minggu pertama didedikasikan untuk mempersiapkan bahan dan instrumen penting, dan minggu berikutnya didedikasikan untuk pengolahan limbah dan analisis laboratorium.

Material dan bahan yang digunakan

Tangki septik berventilasi 20 cm x 20 cm x 30 cm digunakan untuk pembuangan limbah. Neraca analitik, botol inkubasi BOD, baki penguapan, oven (oven khusus suhu tinggi yang dapat dicapai adalah 8000 hingga 12000°C, tetapi biasanya 5500 hingga 6000°C), pH meter, PH meter, desikator, oven 1050°C, kain strimin, 5 liter wadah plastik, gelas lainnya dan peralatan pengambilan sampel: tabung 20 liter, klip plastik, sendok, botol es krim. Bahan penelitian adalah limbah cair yang dikumpulkan langsung dari parit di Jalan Cocroaminoto Ubung kaja Denpasar dimana pengolahan limbah industri tahu dialirkan ke sungai. Lumpur sedimen yang sebelumnya diolah dengan lumpur aktif adalah bahan lain, seperti lumpur dari limbah industri tahu, Sungai Badung, dan fasilitas pengolahan daging Pesangalan. Bahan kimia berikut digunakan dalam analisis parameter: larutan standar kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N, larutan standar Ferro Amonium Sulfat (FAS) ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$), pereaksi perak sulfat asam sulfat ($Ag_2SO_4 \cdot H_2SO_4$), larutan merkuri sulfat ($HgSO_4$) untuk reagen COD, larutan buffer pH 4, pH 7, buffer asam fosfat, larutan magnesium sulfat ($DDL_{47}H_2O$), larutan kalsium klorida ($CaCl_2$), asam sulfat (H_2SO_4) dan basa ($NaOH$) larutan, larutan besi klorida ($FeC_{13.6}H_2O$), indikator kanji, larutan mangan sulfat ($MnSO_4 \cdot H_2O$), larutan alkali iodida azida (NAH_2) Sulfate, Aquades.

Tahapan Studi

Metode pengolahan mendasar untuk limbah ini adalah proses lumpur aktif batch yang menggunakan mikroorganisme untuk memecah kandungan organik di tempat sampah. Pendekatan ini diharapkan dapat mempercepat penguraian bahan organik. Pada penelitian sebelumnya, beban awal limbah industri ditentukan dengan menganalisis nilai COD dan BOD. Penyelidikan ini akan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Analisis awal sampel limbah Limbah industri tahu yang dikumpulkan dalam wadah (tong) diidentifikasi secara langsung berdasarkan warna dan bau, serta ditentukan COD, nilai pH, suhu, dan kadar BOD.
2. Perlakuan mikrobiologis benih, sedimen lumpur dari tiga daerah di ambil dari dasar sungai atau parit yang disterilisasi menggunakan sendok/tiriskan masing-masing 20 gram dan diberi label dalam klip plastik sebelum dimasukkan ke dalam labu es. Kemudian dibawa ke laboratorium dan dimasukkan ke dalam lemari es.
3. Tahapan seeding, tahap ini terjadi proses awal pembentukan lumpur aktif, dan melibatkan pencarian sumber benih (mikroorganisme) yang tumbuh di tiga endapan lumpur: Parit Industri Tahu, Sungai Badung, dan Rumah Potong Hewan Pesangalan. Langkah-langkahnya adalah sebagai

berikut: a) Bibit I berisi 5 gram sedimen lumpur yang berasal dari selokan industri tahu kemudian diberi media cair (nutrient hara (pupuk urea 5 gram, pupuk KCL 2,5 gram dan pupuk TSP 2,5 gram), larutan glukosa 10 gram dan aquades) diencerkan hingga bervolume 500 ml. b) Bibit II mengandung 2,5 gram endapan lumpur dari parit industri tahu dan 2,5 gram endapan lumpur dari Sungai Badung, medium cair (unsur hara (5 gram pupuk urea, 2,5 gram pupuk KCL) dan pupuk TSP 2,5 gram), 10 gram larutan glukosa dan air suling) diencerkan hingga volume 500 ml. c) Bibit III mengandung 2,5 gram endapan lumpur dari lubang industri tahu dan 2,5 gram endapan lumpur dari pabrik pengolahan daging, media cair (5 gram nutrisi pupuk urea, 2,5 gram pupuk KCL dan Anda akan mendapatkan 2,5 gram TSP pupuk). Gram larutan glukosa dan air suling) diencerkan hingga volume 500 ml. d) Bibit IV mengandung 2,5 gram endapan lumpur dari parit industri tahu, 1,25 gram endapan lumpur dari Sungai Badung, dan 1,25 gram endapan lumpur dari instalasi pengolahan daging, dan merupakan media cair (nutrisi). Hewan diberikan media cair mengandung 5 gram pupuk urea. Pupuk KCL 5 gram dan pupuk TSP 2,5 gram, larutan glukosa 10 gram dan Aquades diencerkan hingga volume 500 ml. Ventilasi setiap pembibitan dilakukan oleh aerator yang terletak di bagian bawah wadah dengan selang terpasang. Fungsinya tidak hanya sebagai sumber

oksigen bagi mikroorganismenya tetapi juga sebagai pengaduk. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 6 hari dengan mengukur nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*) hingga harga mencapai 2000 mg/L.

4. Pengukuran biomassa (VSS) menggunakan metode gravimetri dalam komposisi sampel lumpur (Mary, 1998). terdapat beberapa tahapan sebagai berikut: 1) Masukkan sampel uji berupa pelet sel bakteri ke dalam krus bebas VSS yang telah diisi 10 ml akuades. 2) Kaca yang berisi suspensi sel dikeringkan dalam oven pada suhu 1050 °C selama 3 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (sebagai X gram). 3) Setelah itu, panggang gelas kimia pada suhu 600°C selama 2 jam sampai menjadi abu, dinginkan dalam desikator, dan timbang (berat Y gram). Perhitungan VSS sebagai berikut.

$$\text{VSS} = \frac{(\text{X}-\text{Y}) \text{ gram} \times 10^6 \text{mg/L}}{\text{ml Sampel}}$$

Keterangan:

X = Materi Lumpur Kering (gram)

Y = Kadar Abu (gram)

5. Aklimatisasi dan biodegradasi air limbah industri tahu, prosedur aklimatisasi dilakukan setelah pengembangan VSS yang diinokulasi mencapai nilai lebih besar dari 2000 mg/L. Untuk mengolah limbah dari bisnis tahu, langkah aklimatisasi menggunakan

komposisi lumpur yang terdiri dari benih mikroba yang dibuat selama proses penaburan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: a) Siapkan reaktor/tabung pembersih (tabung kaca 20x20x30 cm), serta aerator dan pengaduk untuk memasukkan udara ke dalam tab. Limbah cair didaur ulang langsung dari usaha tahu setelah didiamkan sehari agar stabil. Sampah selanjutnya diklasifikasikan menjadi lima kategori. b) Setiap reaktor/tab menggunakan komposisi lumpur yang menggabungkan mikroorganisme mikroba dari prosedur penyemaian, seperti: a) 600 ml ampas tahu cair diangin-anginkan dituangkan secara bertahap ke dalam reaktor/gelas 1 yang menampung 400 ml benih I. b) Reaktor/gelas 2 berisi 400 ml ampas tahu cair secara bertahap digabungkan dengan 600 ml ampas tahu cair. c) Isi Reaktor / Gelas 3 dengan 400 mL Benih III, kemudian secara bertahap tambahkan 600 mL ampas tahu cair dan hembuskan. d) Campurkan Reaktor/Beaker 4 secara bertahap dengan 400 ml IV biji dan 600 ml efluen tahu, kemudian diangin-anginkan. e) Reaktor/gelas 5 merupakan regulasi yang mencegah terjadinya endapan benih pada limbah cair tahu. Akhirnya, sampel untuk setiap reaktor diambil pada interval berikut: setiap 1 hari, setiap 5 hari, setiap 9 hari, setiap 13 hari, setiap 17 hari, 21 hari, 25 hari, 29 hari, dan setiap 33 hari,

tergantung pada intensitas pengobatan. Nilainya diperiksa. 37 hari dan 37 hari

6. Kadar COD, pH, suhu, dan BOD pada Air Limbah Industri Tahu diuji sebagai berikut. 1) BOD diukur dengan menginkubasi limbah dalam ruang gelap pada suhu 200 °C selama 5 hari. Pengukuran BOD didorong oleh penurunan kandungan oksigen terlarut selama masa inkubasi (EPA, 1974). 2) Penentuan pH dengan pH meter dan suhu dengan termometer. 3) COD (Chemical Oxygen Demand) dihitung dengan menggunakan pendekatan "tingkat rendah". NS. Suatu larutan kalium dikromat dalam larutan asam sulfat 50 persen v/v mengoksidasi senyawa organik dan anorganik yang dapat dioksidasi dalam bentuk cair dalam sampel. Menggunakan indikator ferroin, kelebihan dikromat dititrasi dengan besi standar (III) amonium sulfat (EPA.1974).Sebanyak 0,4 g merkuri sulfat (HgSO_4) ditambahkan ke dalam Erlenmeyer CSB 250 ml, diikuti dengan 56 batu didih yang dicuci. Kemudian tambahkan 20 mL sampel, diikuti 10 mL 0,25NK₂Cr₂O₇. Dispenser digunakan untuk mengalirkan 5 ml H₂SO₄ ke dalam labu Erlenmeyer CSB dan 30 ml reagen perak sulfat. Kocok larutan secara perlahan dan hati-hati untuk mencegah penguapan sampai larutan tercampur dengan baik dan panas menyebar secara merata. Air pendingin bersirkulasi di bawah kondensor. Dispenser

digunakan untuk secara bertahap menuangkan sisa 25 ml reagen H₂SO₄ ke dalam gelas segitiga COD (gelas refluks), dan gelas refluks dikocok sambil diisi untuk mencampur semua sampel. Di atas pemanas adalah pendingin dengan labu Erlenmeyer dan CSB (gelas refluks). Pemanasan dinyalakan, dan larutan dibiarkan refluks selama dua jam. Pendingin dicuci dengan 25-50 cc air suling setelah pemanas kaca refluks mendingin. Tabung refluks dikeluarkan dari kondensor, larutan didinginkan, kemudian diencerkan menjadi dua kali konsentrasi semula, tabung refluks dikeluarkan dari kondensor, dan larutan didinginkan hingga suhu kamar. Kemudian, ke dalam larutan, tambahkan 3-4 tetes indikator ferroin. Setelah refluks, dikromat dalam larutan dititrasi dengan larutan standar NFAS 0,10 sampai pirus berubah menjadi coklat kemerahan. Nilai blanko adalah 2 ml air suling yang mencakup semua bahan kimia yang ditambahkan ke larutan sampel. Larutan kemudian harus direfluks dengan cara yang sama seperti sampel. Perhitungan:

$$\text{COD (MG/I)} = \frac{(a - b) \times N \times 800}{\text{ml Sampel}}$$

Keterangan

a = ml FAS yang digunakan untuk titrasi blanko

b = ml FAS yang digunakan untuk titrasi sampel

N = Normalitas larutan FAS

Analisis Data

Data hasil, khususnya nilai COD, BOD, suhu, dan pH disajikan dalam bentuk tabel atau grafik secara deskriptif komparatif dengan mengacu pada Peraturan Gubernur Bali, Agustus 2007 (Baku Mutu Air Limbah). Data yang terkumpul, yaitu nilai VSS dan COD, dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA (Gasperz, 1989), dan data pengamatan COD sebelum dan sesudah pengolahan menentukan berapa persen efikasi keempat komposisi lumpur yang diselidiki dengan melakukan. (Benih) Industri menyadari penurunan nilai COD air limbah. Gunakan perhitungan berikut untuk setiap pengamatan tergantung pada waktu pemaparan atau waktu retensi. Perhitungan efektivitas sebagai berikut.

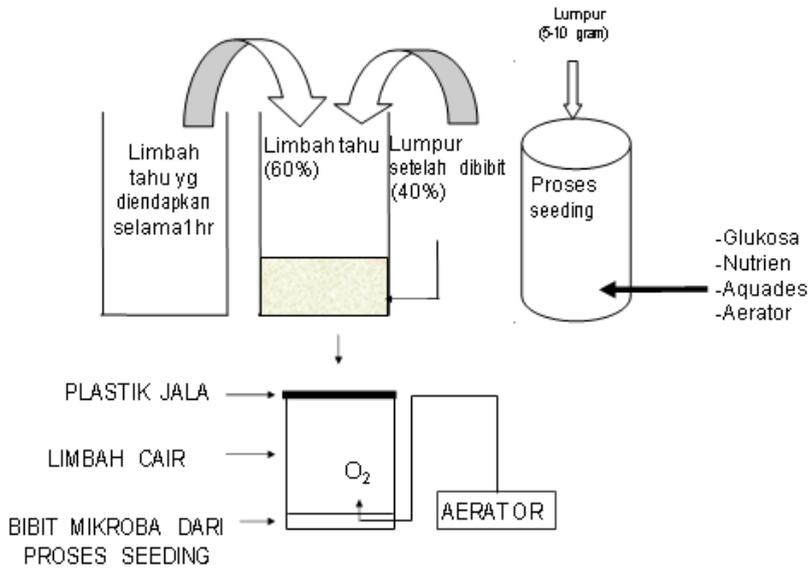
$$\% \text{ efektivitas} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

A

Keterangan:

A = nilai sebelum pengolahan dengan syarat $A \neq 0$

B = nilai setelah pengolahan

Skematis Cara Kerja Penelitian

Gambar 3. Kontruksi Pembibitan Lumpur Aktip dan Pengolahan Limbah.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

Komposisi lumpur pada pertumbuhan biomassa mikroba diukur dengan menggunakan parameter padatan Volatile Suspended Solid (VSS)

Tabel 1 menunjukkan nilai VSS setelah penanaman setiap komposisi lumpur yang diukur dari hari ke-3 sampai hari ke-6. Gambar 4 menunjukkan grafik kurva. Berdasarkan nilai VSS (Volatile Suspended Solids) dari setiap benih mikroba yang dihasilkan selama proses penanaman, diketahui bahwa benih IV dari Sungai Badung terdiri dari 50 persen kotoran selokan tahu dan 25 persen lumpur nRPH. Pada hari keenam, 25% lumpur memiliki nilai VSS lebih besar dari 2265 mg/L, yaitu sebesar 2000 mg/L. Harga benih lainnya hanya sekitar 2000 mg/L. Benih I (1640 mg/L), Benih II (1890 mg/L), dan Benih III (1935 mg/L). Temuan studi nilai VSS (padatan tersuspensi yang mudah menguap) dari setiap benih mikroba yang dihasilkan selama proses penaburan ditunjukkan pada Gambar 4. Durasi retensi tiga sampai enam hari telah ditemukan untuk meningkatkan tingkat VSS di empat bibit. Bibit yang memiliki nilai VSS lebih dari 2000 mg/L diklasifikasikan sebagai bibit IV. Berdasarkan analisis pengukuran nilai VSS pada Lampiran 3, terlihat jelas

bahwa perlakuan keempat komposisi benih berpengaruh nyata baik terhadap nilai VSS maupun lama retensi. Keterkaitan nilai VSS dengan waktu dan komposisi lumpur juga memiliki pengaruh yang signifikan.

Tabel 1. Rerata nilai VSS komposisi lumpur setelah proses pembibitan.

Jenis Bibit	Waktu (hari)			
	3	4	5	6
Bibit I	1440	1450	1455	1640
Bibit II	1085	1195	1440	1890
Bibit III	1565	1580	1570	1935
Bibit IV	1145	1375	1820	2265

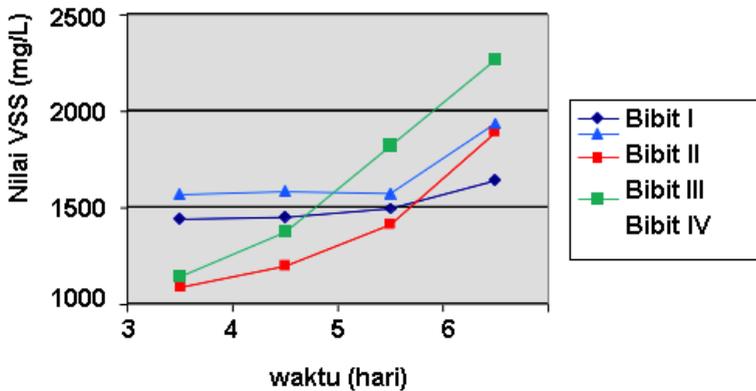
Keterangan:

Bibit I = Lumpur selokan tahu 100 %

Bibit II = Lumpur selokan tahu 50 % dan lumpur Rumah Potong Hewan (RPH) 50 %

Bibit III = Lumpur selokan tahu 50% dan lumpur Sungai Badung 50%

Bibit IV = Lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25 % dan lumpur sungai Badung 25 %



Gambar 4. Rerata nilai VSS pada masing-masing komposisi lumpur setelah proses pembibitan.

Komposisi lumpur terhadap COD, pH, suhu dan nilai BOD setelah pengolahan cairan limbah industri tahu

1. Nilai Sampel COD cairan limbah industri tahu setelah perlakuan

Temuan studi COD total dengan waktu retensi berkisar antara 1 sampai 37 hari ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai COD untuk pengolahan air limbah industri tahu ditunjukkan pada Tabel 3. Pengukuran parameter COD pada pengolahan air limbah industri tahu menggunakan lumpur (biji) 4 komposisi setelah semai menunjukkan bahwa nilai COD 1 sampai 37 hari pada masa retensi setiap perlakuan adalah sampah sebelum pengolahan (1195,2 mg/L). Setelah perawatan, setiap tabung tangki septik berventilasi berganti nama menjadi Tabung I (64,85 mg/L), Tabung II (63,305 mg/L), Tabung III (58,31 mg/L), dan

Tabung IV (46,645 mg/L) dan 84,98 mg/l pada kontrol.

Variasi nilai COD sampel limbah cair industri tahu setelah pengolahan digambarkan pada Gambar 5. Hasil menunjukkan dengan pemberian empat biji, nilai COD limbah cair pabrik tahu dapat diturunkan. Penggunaan benih IV (50 persen lumpur ampas tahu, 25 persen N RPH lumpur, dan 25 persen lumpur Sungai Badung) paling berhasil menurunkan kadar COD pada limbah industri tahu. Terlihat ketika nilai COD terendah dicapai setelah 33 atau 37 hari retensi dan nilai COD sebesar 76.095 mg/L atau 46.645 mg/L. Hasil analisis pengukuran nilai COD mengungkapkan bahwa perlakuan empat komposisi lumpur (tab) sangat besar pengaruhnya terhadap nilai COD, begitu pula interaksi antara waktu dan waktu dengan tab. Efektivitas masing-masing terapi untuk meminimalkan COD ditunjukkan sebagai persentase tingkat kemanjuran pada Tabel 5.3 di atas, dengan tingkat kemanjuran cangkir I (94,57 persen) dan cangkir II (94,70 persen) pada masa retensi 37 hari. Sumur III (95,12 persen) dan Sumur IV (95,12 persen) (96,10 persen). Keempat perlakuan lebih berhasil bila lama perlakuan dipertahankan antara 1 dan 37 hari, dan masing-masing terapi memiliki khasiat yang berbeda ketika berbagai komposisi lumpur ditambahkan (biji). Penambahan benih IV paling

efektif menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu menjadi 96,10 m. Keempat perlakuan lebih berhasil bila lama perlakuan dipertahankan antara 1 dan 37 hari, dan masing-masing terapi memiliki khasiat yang berbeda ketika berbagai komposisi lumpur ditambahkan (biji). Bath 4 menunjukkan bahwa pengaruhnya kuat ketika waktu retensi harian melebihi 76,66%.

Tabel 2. Rata-rata COD sampel air limbah industri tahu sebelum dan sesudah pengolahan di setiap sumur ventilasi septic tank

Retensi waktu (hari)	Nilai COD (mg/L)						Baku Mutu Air limbah PerCub No. 8/2007
	Kontrol	Bak I	Bak II	Bak III	Bak IV	Limbah	
0	-	-	-	-	-	1195,2	100
1	1184,6	996	478,1	558,1	278,9	-	
5	1097,45	556,25	398,2	412,5	249	-	
9	968,75	543,3	336,5	379	215,5	-	
13	890	429	313,5	325,5	186	-	
17	403,45	282,5	227,5	177,95	146,95	-	
21	255,95	184,95	167,4	152,95	112,2	-	
25	215	177,2	157,7	139,9	106,1	-	
29	189,8	166,615	149,95	124,35	105,55	-	
33	137,39	115,73	106,625	91,33	76,095	-	
37	84,98	64,85	63,305	58,31	46,645	-	

Keterangan :

Bak I = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit I

Bak II = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit II

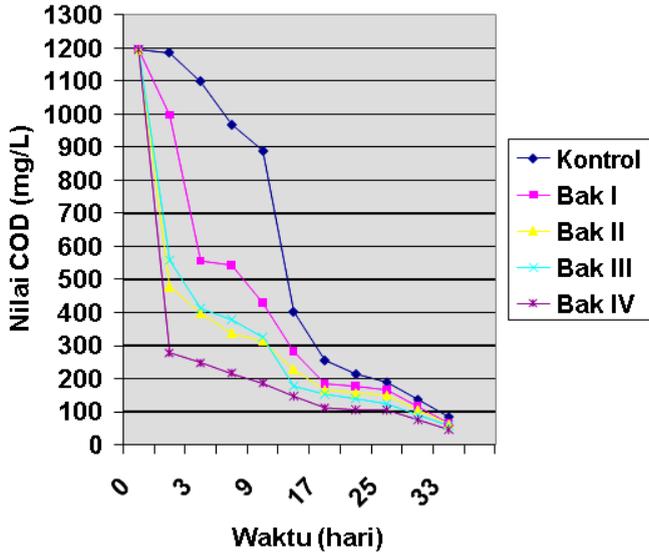
Bak III = Limbah industri tahu 60 % dan 40 % bibit III

Bak IV = Limbah industri

tahu 60 % dan 40 % bibit IV

Kontrol = Limbah industri

tahu 100%



Gambar 5. 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%

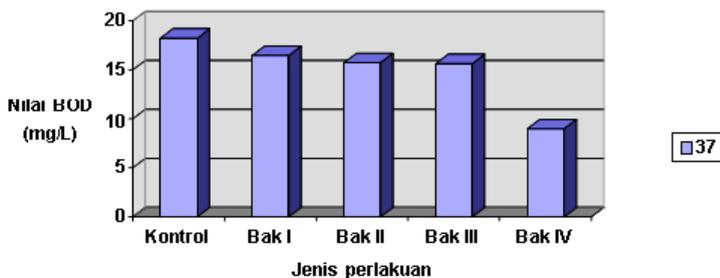
Tabel 3. Efektivitas Masing-masing Perlakuan Terhadap Nilai COD

Waktu Retensi (hari)	Efektivitas COD(%)			
	Bak I	Bak II	Bak III	Bak IV
1	16.67	59.99	53.30	76.66
5	53.46	66.68	65.49	79.16
9	54.54	71.85	68.29	81.97
13	64.11	73.77	72.77	84.44
17	76.36	80.97	85.11	87.70
21	84.53	85.99	87.20	90.61
25	85.17	86.81	88.29	91.12
29	86.06	87.45	89.60	91.17
33	90.32	91.08	92.36	93.63
37	94.57	94.70	95.12	96.10

2. Nilai BOD Sampel Limbah Cair Industri Tahu Selama Perlakuan Pengolahan

Gambar 6. menggambarkan perubahan nilai BOD5 limbah cair industri tahu setelah 37 hari pengolahan. Kapasitas masing-masing terapi untuk menurunkan BOD5 direpresentasikan sebagai persentase efektivitas, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 7. Analisis parameter BOD5 pada pengolahan air limbah industri tahu menggunakan empat jenis komposisi lumpur (biji) setelah tanam mengungkapkan bahwa potensi penurunan BOD5

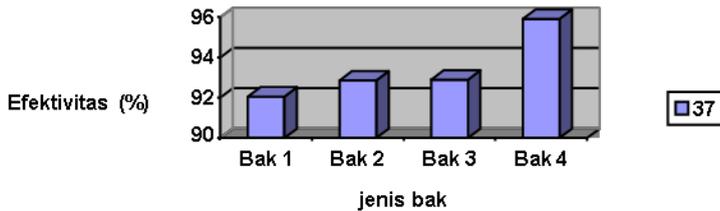
sebelum pengolahan ditunjukkan oleh nilai BOD5 setelah pengolahan dengan waktu retensi 37 hari untuk setiap perlakuan. Sampah yang memiliki nilai BOD5 (220,15 mg/L) ditangani di masing-masing tab tangki septik aerasi, Tab I (16.455 mg/L), Tab II (15,71 mg/L), Tab III (15,62 mg/L) Tab IV (8,98 mg/L) dan Kontrol (18,21 mg/L). Gambar 7. menggambarkan bagaimana kapasitas masing-masing pengobatan untuk menurunkan BOD5 ditampilkan sebagai persentase kemanjuran. BakI (92,06%), bakII (92,86%), bak III (92,90%), dan bak IV semuanya memiliki lama retensi 37 hari (95,92%). Penambahan bibit IV merupakan terapi dengan tingkat efikasi yang tinggi yaitu 95,92%.



Gambar 6. Nilai BOD limbah cair industri tahu setelah pengolahan pada retensi waktu 37 hari.

Keterangan: 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%.



Gambar 7. Efektivitas Masing-masing Perlakuan Terhadap Nilai BOD

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

3. PH sampel limbah industri tahu selama pengolahan

Tabel 4 menampilkan hasil analisis pH secara keseluruhan dengan lama retensi 1 sampai 37 hari, dan Gambar 8 menggambarkan perubahan nilai pH selama perlakuan sampel air limbah industri tahu dengan waktu retensi 1 sampai 37 hari. Industri Tahu Ketika air limbah diolah pada tingkat pH awal, keasaman (3,93) berubah menjadi basa. Bak I (9,03), Bak II (9,00), Bak III (8,99), Bak IV (8,99), dan Kontrol (9,58). Menggunakan Gambar 8, kami menemukan bahwa pH air limbah industri tahu yang diolah dan

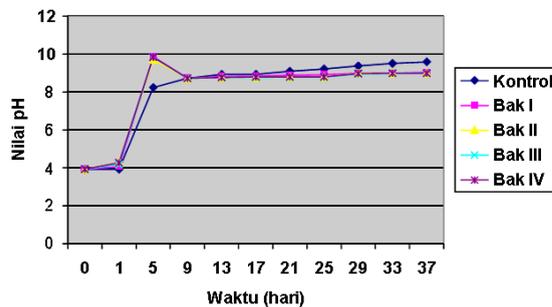
yang tidak diolah meningkat (terkontrol). Namun, selama treatment pada bak I, II, III, dan IV nilai pH naik cukup cepat.

Tabel 4. Rerata Nilai pH Limbah Cair Industri Tahu Sebelum dan Setelah Perlakuan Pada Masing-Masing Bak Sistem Septik Teraerasi

Retensi waktu (hari)	Nilai pH						Baku Mutu Air limbah PerGub No. 8/2007
	Kontrol	Bak I	Bak II	Bak III	Bak IV	Limbah	
0	-	-	-	-	-	3,93	6-9
1	3,93	4,07	4,29	4,19	4,27	-	
5	8,23	9,87	9,72	9,83	9,83	-	
9	8,72	8,72	8,71	8,71	8,72	-	
13	8,93	8,82	8,77	8,77	8,77	-	
17	8,93	8,84	8,77	8,77	8,79	-	
21	9,10	8,88	8,79	8,78	8,79	-	
25	9,21	8,92	8,80	8,78	8,80	-	
29	9,37	8,99	8,99	8,95	8,98	-	
33	9,51	8,99	8,99	8,98	8,99	-	
37	9,58	9,03	9,00	8,99	8,99	-	

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%



Gambar 8. Perubahan Nilai pH 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%.

4. Nilai suhu sampel cairan limbah industri tahu selama pemrosesan

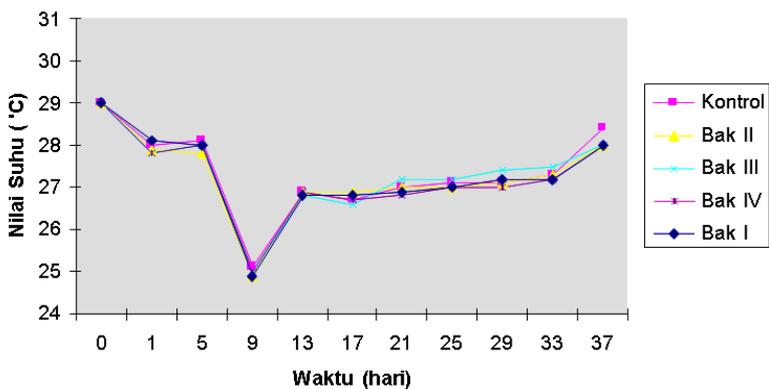
Nilai suhu keseluruhan setelah pengolahan dalam setiap barel sistem pemurnian aerasi ditunjukkan pada Tabel 5. Gambar 9 menggambarkan perubahan suhu sampel limbah industri tahu setelah pengolahan. Seperti terlihat pada Tabel 5, setelah disemai, nilai suhu turun pada setiap perlakuan dengan lama retensi berkisar antara 1 hingga 37 hari pada pengolahan air limbah industri tahu yang menggunakan empat jenis komposisi lumpur (biji). Nilai suhu awal air limbah industri tahu mencapai 29.00°C setelah memproses nilai suhu untuk setiap proses di tangki I-IV (28.00°C) dan kontrol (28.40°C). Pada gambar 9. Suhu air limbah industri tahu di tangki II, III, IV, dan kontrol turun dari waktu retensi 1 hari menjadi 9 hari. Namun, setelah 13 hari retensi 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- 28°C.

Tabel 5. Rerata nilai suhu limbah cair industri tahu sebelum dan setelah perlakuan pada masing-masing bak sistem septik teraerasi.

Retensi waktu (hari)	Nilai suhu (°C)						Baku Mutu Air limbah PerGub No. 8/2007
	Kontrol	Bak I	Bak II	Bak III	Bak IV	Limbah	
0	-	-	-	-	-	29,00	35
1	28,00	28,10	27,90	27,80	27,80		
5	28,10	28,00	27,80	28,00	28,00		
9	25,10	24,90	24,90	25,00	25,00		
13	26,90	26,80	26,90	26,80	26,90		
17	26,70	26,80	26,90	26,60	26,70		
21	27,00	26,90	27,00	27,20	26,80		
25	27,10	27,00	27,00	27,20	27,00		
29	27,10	27,20	27,10	27,40	27,00		
33	27,30	27,20	27,30	27,50	27,20		
37	28,40	28,00	28,00	28,00	28,00		

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%

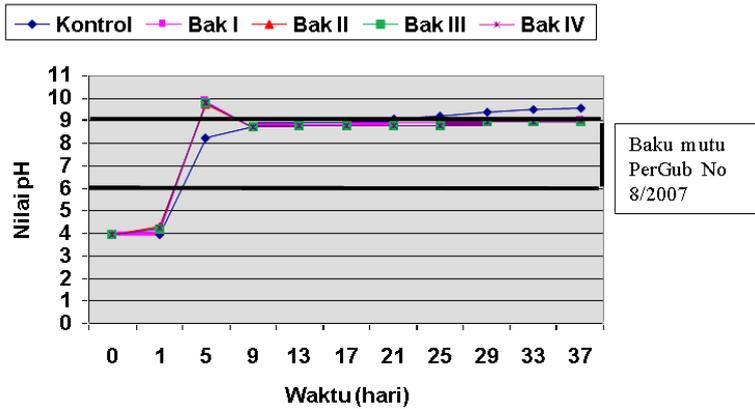


Gambar 9. Perubahan nilai suhu sampel limbah cair industri tahu selama perlakuan.

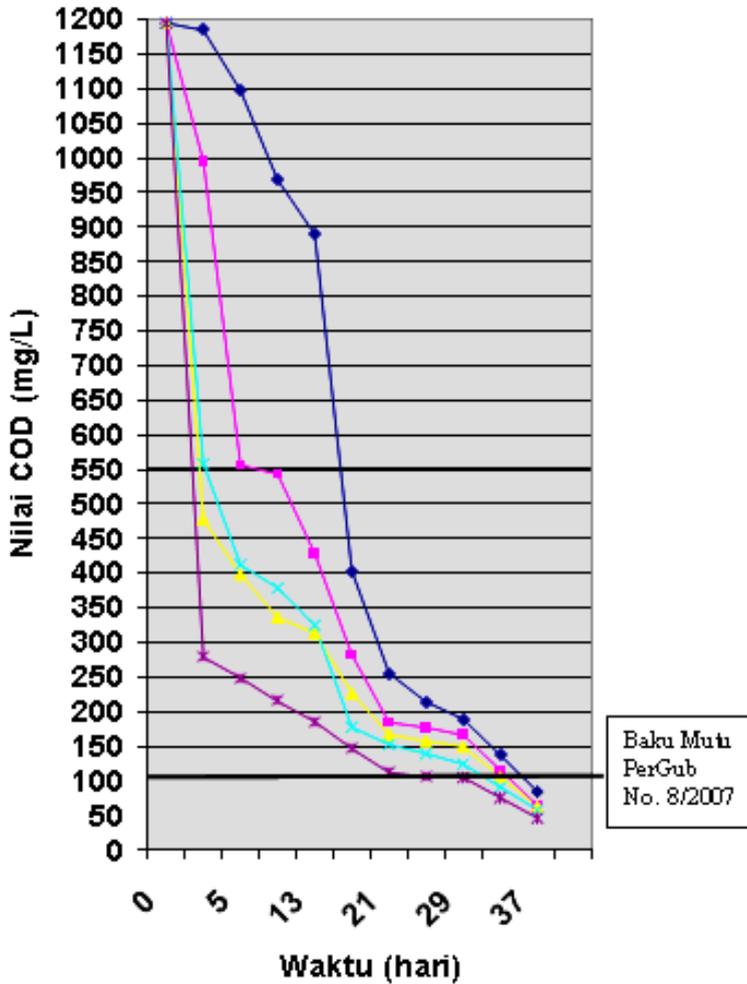
5. Perbandingan Nilai pH dan COD pada baku mutu air limbah industri tahu

Nilai pH dan COD baku mutu air limbah setelah pengolahan di setiap tangki sistem pengolahan lumpur aktif ditunjukkan pada Gambar 10-11. Gambar 10 menunjukkan bahwa air limbah industri tahu asli memiliki pH yang sangat rendah yaitu 3,93. Jumlah ini kurang dari batas minimum untuk peraturan kualitas air limbah. Waktu retensi 37 hari untuk DAS I, II, III, dan IV setelah pengolahan masih dalam batasan baku mutu air limbah. Tim pengelola mengungguli kriteria kualitas air limbah. Gambar 11 menunjukkan nilai COD limbah cair industri tahu awal sebesar 1195,2 mg/L. Jumlah ini lebih dari ambang batas maksimum untuk memenuhi persyaratan kualitas air limbah. Bak 1, 2, 3, dan 4 memiliki masa retensi 37 hari setelah prosedur pengolahan, dan pengendaliannya berada di bawah baku mutu air limbah standar. Gambar 12 menggambarkan penyemaian empat komposisi lumpur di laboratorium menggunakan bak aerasi. Gambar 13 menggambarkan tahu yang dibuat dari empat komposisi lumpur tanam: Bibit I (100% lumpur ampas tahu), Bibit II (lumpur ampas tahu 50% dan lumpur pabrik pengolahan daging (RPH) 50%), Bibit III (50% Lumpur Sungai Badung dan Lumpur RPH 25% Lumpur Sungai Badung), dan Benih IV (50% Lumpur

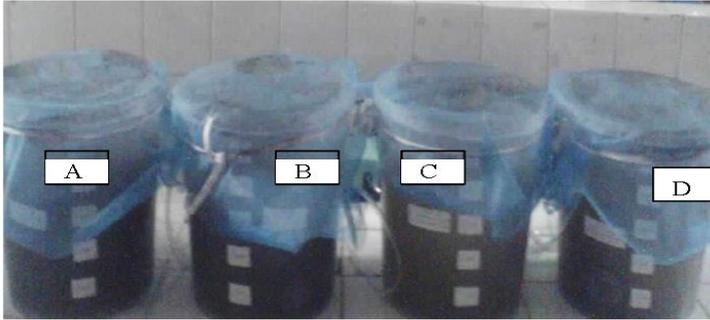
Limbah Tahu, Lumpur RPH 25% dan Lumpur Sungai Badung).



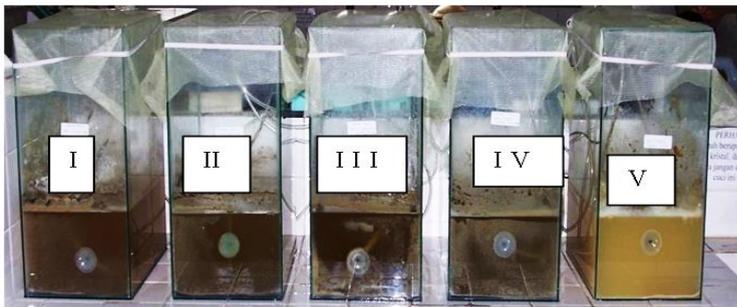
Gambar 10. Kurva pH dari awal hingga pasca pengolahan dibandingkan dengan baku mutu air limbah Peraturan gubernur Bali Nomor 8 tahun 2007.



Gambar 11. Kurva nilai COD dari awal hingga pasca pengolahan dibandingkan dengan baku mutu air limbah Peraturan gubernur Bali Nomor 8 tahun 2007.



Gambar 12. Proses pemuliaan 4 Komposisi lumpur



Gambar 13. Proses pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan biji lumpur dengan empat komposisi



Gambar 14. Status limbah industri tahu Jalan Cokroaminoto Ubung Kaja, Denpasar.

BAB 5

PEMBAHASAN

Komposisi lumpur pada pertumbuhan biomassa mikroba yang diukur dengan parameter Volatile Suspended Solid (VSS)

Analisis residu dari total padatan dipanaskan sampai 6000 °C untuk menghasilkan Volatile Suspended Solids (VSS). Bagian yang terbakar atau hilang karena pemanasan disebut sebagai padatan suspensi yang mudah menguap atau padatan organik, sedangkan sisanya disebut sebagai residu atau padatan terikat. Lumpur dikirim ke persemaian dengan sistem aerasi dan nutrisi berupa urea, pupuk KCl, pupuk TSP, glukosa, dan aquades ditambahkan hingga volume bibit mencapai 5 liter (Alaerts dan Santika, 1990). Dengan waktu tinggal 3 sampai 6 hari, VSS semua komposisi lumpur (biji) naik. Karena, tergantung pada komposisi lumpur, keberadaan pasokan makanan dan adanya proses aerasi merangsang perkembangan dan aktivitas mikroorganisme, dan semua komposisi lumpur benih termasuk oksidan, menghasilkan bahan organik. teroksidasi secara kimia dan fisiologis Metabolisme aerobik zat organik mikroorganisme menghasilkan protoplasma (sel baru), energi (biomassa), dan produk limbah seperti CO₂, H₂O, dan NH₃. Semakin aktif mikroba yang memecah

molekul organik, semakin banyak biomassa yang dihasilkan. Kenaikan biomassa ini mencerminkan peningkatan VSS dan jumlah molekul organik yang terdegradasi (Atlas, 1987).

Laju pertumbuhan biomassa mikroba pada setiap komponen lumpur. Benih I (1740 mg/L), Benih II (1890 mg/L), dan Benih III (1935 mg/L) diukur dengan nilai VSS (volatil padatan tersuspensi). Serta Benih IV (2265 mg/L). Nilai VSS yang ditemukan menunjukkan bahwa keempat komposisi lumpur di atas termasuk mikroorganisme dan memiliki jumlah mikroorganisme yang cukup banyak, dan sering digunakan sebagai oksidator dalam pengolahan benih mikroba atau limbah biologis. Untuk Benih I, VSS memiliki laju pertumbuhan biomassa mikroba paling lambat. Hal ini disebabkan lumpur yang digunakan sebagai benih hanya merupakan limbah industri tahu, sehingga kisaran jenis mikroba sangat minim. Menurut Antara (1993), pertumbuhan biomassa menjadi lumpur aktif sangat terkait dengan kondisi lingkungan sumber biomassa, dan keragaman mikroorganisme di lingkungan yang tercemar lebih rendah daripada di lingkungan yang kurang tercemar. Semakin banyak jenis lumpur yang ada dalam komposisi lumpur, semakin besar variasi jenis mikroba dan semakin tinggi nilai VSS. Dengan nilai VSS lebih dari 2000 mg/L, Bibit IV (lumpur parit tahu 50%, lumpur RPH 25%, dan lumpur Sungai Badung 25%) memiliki komposisi lumpur terbaik.

Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mikroorganisme yang ada dalam bibit IV terdiri dari berbagai mikroorganisme yang berasal dari tiga sedimen di badan air yang tercemar dalam keadaan yang beragam. Menurut Mukono (2000), air yang terkontaminasi seringkali mengandung bahan organik yang tinggi dan oleh karena itu tinggi pula bakteri heterotrofik yang memanfaatkan bahan organik ini untuk metabolisme. Selanjutnya ketersediaan makanan (bahan organik) bagi mikroba cukup lengkap, sehingga pertumbuhan biomassa mikroba meningkat. Hal ini sesuai dengan Soeparno (1992), yang menunjukkan bahwa semakin besar beban, semakin lama beban mikroba yang disebabkan oleh pembelahan atau proliferasi sel mikroba dalam benih. Mikroorganisme membutuhkan waktu untuk berkembang biak. Mikroorganisme tumbuh dengan cepat ketika semua bahan yang diperlukan tersedia, sama seperti mereka membutuhkan nutrisi untuk berkembang. Pengujian berikut menggunakan analisis kovarians yang dijelaskan pada Lampiran 3. Hasil pengukuran nilai VSS yang dianalisis pada Lampiran 3 menunjukkan bahwa perlakuan keempat komposisi benih berpengaruh sangat besar terhadap nilai VSS. Selanjutnya, kontak benih memiliki pengaruh yang cukup besar pada nilai VSS, sehingga perkembangan mikroba terjadi pada empat komposisi benih, dan lumpur tersebut juga dapat digunakan untuk mikroorganisme dan perawatan benih air limbah industri tahu atau agen pengoksidasi.

Komposisi lumpur aktif pada nilai COD, BOD, pH dan suhu limbah industri tahu

1. Analisis Nilai COD, pH, BOD dan Suhu pada sampel limbah cair industri tahu

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi molekul organik dan anorganik dalam air, baik yang dapat terurai secara hayati maupun tidak, disebut sebagai Chemical Oxygen Demand (COD). Pengukuran COD selalu lebih besar daripada pembacaan BOD, baik karena oksigen terlarut secara kimiawi mengoksidasi molekul organik dan anorganik dalam air, atau karena aktivitas mikroba Masu belum banyak menguraikan bahan kimia (Fardiaz, 1992). Semua sampel yang dianalisis menunjukkan penurunan kadar COD. Karena tuntutan kritis mereka, bakteri mendegradasi zat organik, mengakibatkan penurunan ini. Penurunan nilai COD dengan perlakuan (penambahan benih dari keempat komposisi lumpur) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol (kontrol). Hal ini disebabkan aktivitas mikroorganisme yang mengubah (mengoksidasi) bahan organik dalam limbah industri tahu, dan laju sintesis bahan organik dalam sampel juga meningkat. Hasil akhir pengukuran perlakuan pada tangki I, II, III, dan IV menunjukkan bahwa nilai COD mengalami penurunan di bawah ambang batas baku mutu air limbah. Sementara itu, pengelolaannya juga masih jauh dari baku mutu air

limbah. Hal ini karena kontrol meningkatkan ventilasi (udara) untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang mengubah bahan organik dalam ampas tahu. Untuk mencapai pengolahan air limbah biologis yang baik, air limbah harus mencakup komponen yang cukup untuk menjaga laju sintesis konstan. Selanjutnya, berbagai jenis mikroorganisme dihasilkan dari kandungan masing-masing lumpur.

Perlakuan dengan benih IV (50% lumpur saluran pembuangan tahu, 25% lumpur RPH, dan 25% lumpur Sungai Badung) terbukti paling berhasil menurunkan COD limbah cair industri tahu. Hal ini terbukti dengan tercapainya nilai COD sebesar 46.645 mg/L yang menunjukkan bahwa komposisi bilas berpotensi untuk digunakan sebagai bahan lumpur aktif. Selanjutnya, benih IV mengandung berbagai bakteri (pengoksidasi) yang dapat mengoksidasi bahan organik secara kimia untuk meminimalkan nilai COD limbah industri tahu. Nurhadi (2006), lumpur/sedimen Sungai Tebe berpotensi sebagai bahan lumpur aktif yang mampu menurunkan COD dan BOD pada sampah rumah tangga. Selanjutnya, semakin lama air limbah diangin-anginkan (ditambah oksigen), semakin rendah nilai COD limbah cair pabrik tahu. Hasil analisis statistik berdasarkan pengamatan menunjukkan bahwa perubahan kadar COD memiliki pengaruh yang sangat besar. Ini merupakan

penggabungan benih dari komposisi lumpur ke dalam sistem pengolahan limbah untuk meningkatkan nilai COD sesuai dengan kriteria kualitas yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Bali Nomor 8 Tahun 2007. Kriteria kualitas untuk limbah cair. Keterkaitan berulang kali, seperti halnya mandi, berdampak besar pada penurunan kadar COD.

Efektivitas nilai COD limbah cair industri tahu pada keempat perlakuan. Variasi efisiensi masing-masing perlakuan disebabkan oleh jumlah mikroorganisme yang ada pada penambahan komposisi lumpur yang berbeda. Persyaratan mikroba untuk makanan ditangani, dan perkembangan mikroorganisme dirangsang, dengan memberikan nutrisi yang sesuai. Akibatnya nilai COD limbah cair industri tahu rendah, namun efektifitasnya besar. Penambahan benih hingga 96,10 m IV terbukti paling efisien dalam menurunkan COD pada limbah cair industri tahu. Hal ini karena mikroorganisme, dibandingkan dengan benih lainnya, memiliki kapasitas yang lebih kuat untuk memetabolisme bahan organik dalam limbah industri tahu. Bak IV terisi berbagai mikroorganisme dan sangat memenuhi sebagai lumpur aktif dalam pengolahan air limbah industri tahu. Antara (1996) mengungkapkan pengolahan air limbah industri tahu menggunakan sistem lumpur aktif memiliki efektivitas 90% N atau lebih tinggi dalam menghilangkan polutan

dan umur lumpur yang lama. Dengan lama retensi harian dan efektivitas yang cukup tinggi mencapai 76,66% pada Bak 4.

Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa benih IV mengandung berbagai bakteri dan oksigen yang cukup tersedia selama proses aerasi, meningkatkan kapasitas mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah pabrik tahu dan meningkatkan kandungan lumpur. berasal dari air tercemar Efektivitasnya kuat pada hari pertama, dan setelah periode retensi 37 hari, nilai COD adalah 46.645 mg/L. Oksigen yang dihasilkan secara biokimia Jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) semua bahan organik dalam air dalam 5 hari pada suhu 200 °C disebut sebagai kebutuhan. Mikroorganisme dapat melahap oksigen terlarut dalam air selama proses penguraian, menyebabkan ikan mati. Keadaan ini berkembang secara anaerobik, menghasilkan bau yang tidak enak di dalam air (Alaert dan Santika, 1990). Achmad (2004) menyatakan materi biologis sering tersusun dari unsur-unsur C, H, O, serta N, S, P, dan Fe. Zat organik biasanya tidak stabil dan dioksidasi secara fisiologis atau kimia menjadi bahan kimia yang stabil seperti CO₂ dan H₂O.

Proses ini menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air, yang menyebabkan masalah bagi spesies

air. Uji BOD5 menentukan jumlah O₂ yang diperlukan untuk menentukan jumlah bahan organik di dalam air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan masing-masing kelelawar dalam septic tank berventilasi untuk menurunkan BOD5 bervariasi antara keempat perlakuan. Munculnya berbagai mikroorganisme dan proses aerasi di setiap tangki aerasi septic tank menghasilkan ini. Metode ini digunakan untuk memberikan oksigen ke air. Semakin banyak oksigen yang bersentuhan dengan air, semakin efisien air limbah menyerap oksigen, sehingga sangat efektif dalam menurunkan kadar BOD5 (Gintings, 1995). Sedangkan nilai BOD5 pada kontrol juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan penambahan aerasi, yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam limbah. Proses aerasi meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air, memungkinkan mikroorganisme untuk berkembang dan meningkatkan kapasitas bakteri aerobik untuk mengurai sampah organik di lingkungan.

Perlakuan IV benih 50% lumpur limbah tahu, 25% lumpur RPH, dan 25% lumpur sungai Badun terbukti paling berhasil menurunkan BOD5 limbah industri tahu. Pencapaian nilai BOD5 sebesar 8,98 mg/L menunjukkan hal ini. Hal ini disebabkan benih IV mengandung berbagai macam mikroorganisme

(oksidator) yang mampu mengoksidasi bahan organik secara biologis dan menurunkan kadar BOD5 dalam limbah industri tahu. Nurhadi (2006) menemukan bahwa Lumpur/Sedimen Sungai Tebe berpotensi untuk digunakan sebagai bahan lumpur aktif yang mampu menurunkan kadar COD dan BOD5 pada sampah rumah tangga. Perbedaan jumlah mikroorganisme menunjukkan perbedaan efisiensi masing-masing terapi. Berbagai komposisi lumpur harus dimasukkan. Tuntutan mikroba dalam makanan diatasi dengan pasokan nutrisi yang tepat, dan perkembangan mikroorganisme didorong. Akibatnya nilai BOD5 akan menurun namun khasiatnya akan meningkat. Menurut temuan, penambahan benih IV merupakan perlakuan dengan tingkat efikasi yang tinggi dari nilai BOD5, yaitu 95,92 persen. Hal ini karena benih IV mengandung berbagai mikroba (oksidator) yang mampu mengoksidasi bahan organik secara biologis untuk menurunkan nilai BOD5 limbah industri tahu. Penambahan oksigen selama proses aerasi menurunkan nilai BOD5 sekaligus meningkatkan efikasi. Menurut Sulistyanto (2003), pengolahan limbah industri dengan sistem lumpur aktif dapat menurunkan kadar BOD5 limbah sebesar 70-95%.

Derajat keasaman (pH) memiliki dampak yang signifikan terhadap kelangsungan hidup organisme

dalam air. pH air sering digunakan sebagai indikasi kualitas yang sangat baik atau buruk. Mikroorganisme (bakteri) tumbuh baik pada pH netral dan basa, tetapi fungi (jamur) tumbuh baik pada pH rendah (asam), sehingga proses penguraian organik lebih aktif pada pH netral dan basa. Selanjutnya, nilai pH air menunjukkan respon dari garam-garam yang ada di dalam air. Reaksi dapat bersifat asam atau basa. Spesies air memiliki toleransi pH yang bervariasi dan dipengaruhi oleh berbagai elemen termasuk suhu, oksigen terlarut, dan alkalinitas. Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Kapasitas air untuk mengikat atau melepaskan ion hidrogen yang berbeda mencerminkan apakah larutan bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Bioaktivitas, presipitasi, dan paparan udara semuanya dapat mengubah pH sampel, sehingga perlu dinilai secara cepat dengan masa simpan kurang dari 2 jam (Alaerts, 1990). Baik sampel yang diberi perlakuan maupun yang tidak diberi perlakuan menunjukkan peningkatan pH. Perlakuan I, II, II, dan IV, Kontrol mengalami perubahan signifikan pada derajat keasaman (pH) dari asam ke basa.

Hal ini disebabkan adanya proses biologis (denitrifikasi) mikroorganisme dalam limbah industri tahu, yang memungkinkan laju mikroba dan

fotosintesis sangat baik. Mikroorganisme menggunakan oksigen yang dilepaskan ke lingkungan untuk mencerna bahan organik. Mekanisme konversi energi yang paling penting adalah fotosintesis, namun beberapa mikroba dapat memecah zat organik kompleks. Jenny dan Rahayu (1993) Tahu dan limbah industri awalnya bersifat asam, kemudian normal, kemudian basa. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bahan lumpur dalam limbah bersifat basa dan biasanya membutuhkan pengembangan mikroba untuk mengembalikan pH normal agar dapat hidup. Dekomposisi bahan organik pada limbah cair industri tahu.

Suhu merupakan karakteristik fisik yang dapat berdampak langsung pada status biota dan oksigen terlarut (DO) dalam air (Dahuri dan Damar, 1994). Karena suhu air limbah mempengaruhi reaksi kimia air dan kelarutan berbagai bahan kimia dalam air, suhu air limbah harus diukur. Suhu juga berdampak pada status habitat perairan. Suhu air normal, menurut Effendi (2003), berkisar antara 24 hingga 30°C. Nilai suhu turun dari 1 hari menjadi 37 hari pada waktu tinggal masing-masing perlakuan hingga mencapai 280°C pada pengolahan limbah industri tahu dengan empat jenis komposisi lumpur setelah disemai. Hal ini disebabkan suhu yang masih normal pada kisaran suhu air, yang mendukung

perkembangan mikroorganisme dan meningkatkan kapasitasnya untuk mendegradasi bahan organik pada limbah pembuatan tahu. Durasi residensi suhu penurunan tangki 2, 3, 4, dan kontrol diturunkan dari 1 menjadi 9 hari. Hal ini disebabkan tidak adanya aktivitas mikroba dan masih terdapat larutan bahan organik di dalam air, serta semakin rendah suhu maka terjadi penyerapan oksigen di dalam air, sehingga peningkatan DO pada air limbah akan mendorong pertumbuhan mikroba. pertumbuhan untuk melakukan kegiatan mendegradasi bahan organik yang ada pada limbah cair industri tahu. Suhu naik 13 hari kemudian.

Hal ini disebabkan ketika aktivitas mikroorganisme untuk melakukan proses penguraian bahan organik di perairan meningkat, maka energi yang dilepaskan menyebabkan suhu pada air limbah industri tahu meningkat. Selanjutnya, ketika suhu naik, laju reaksi kimia di dalam air semakin cepat (Fardiaz, 1992). Kenaikan suhu ini dapat mengurangi kelarutan gas dalam air dan meningkatkan laju metabolisme dan respirasi organisme akuatik, yang mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Adanya perubahan suhu dalam air disebabkan oleh komposisi substrat, kekeruhan, dan reaksi kimia yang dihasilkan oleh pemecahan bahan organik di dalam air (Sundra, 1997).

2. Nilai pH, Suhu dan COD yang dibandingkan dengan baku Mutu Air Limbah

Tahap awal meliputi identifikasi sampel limbah cair dari usaha tahu dan analisis kualitas fisik dan kimianya sebagai berikut: pH rata-rata 3,93, suhu rata-rata 29,00 °C, air keruh, berwarna putih, ada bau, busa, dan kadar BOD dan COD tinggi. Kadar BOD5 rata-rata adalah 220,15 mg/L, dan kadar COD rata-rata adalah 1195,2 mg/L. Limbah cair industri tahu sama dengan kualitas limbah cair industri berikut: Melebihi ambang batas baku mutu limbah cair industri tahu. Limbah yang dihasilkan oleh industri makanan dan minuman. Nilai BOD5 sebelum pengolahan adalah 220,15 mg/L yang lebih dari nilai ambang batas yang diperbolehkan di bawah baku mutu air limbah, menunjukkan bahwa nilai BOD cukup tinggi dan juga mengandung limbah industri. Konsentrasi Oksigen Industri Tahu sangat tinggi untuk degradasi dan dekomposisi air limbah. Tingginya kadar BOD dan COD dalam limbah industri tahu tidak hanya menurunkan kadar oksigen terlarut di badan air, tetapi juga meningkatkan kadar bahan organik, yang menyebabkan kematian makhluk air dan ikan yang membutuhkan oksigen. Jika konsentrasinya mencapai ambang batas yang masih dapat dibawa oleh spesies akuatik, dampaknya terhadap kelangsungan hidup mereka adalah

mematikan (Barus, 2002). Bau busuk, gelembung, dan warna yang ditimbulkan oleh limbah cair industri tahu menurunkan kualitas air di laut lepas (Gandjar, 1994).

Adanya bau dan warna di bawah air menunjukkan adanya pencemaran. Air berbau karena degradasi limbah industri dan mikroorganisme yang tinggal di dalamnya. Untuk menaikkan kadar BOD5 dan COD, proses penguraian mikroba membutuhkan oksigen dalam jumlah yang cukup banyak. Berkurangnya kadar oksigen dalam air mengurangi kapasitas bakteri aerobik untuk memecah sampah organik. Demikian pula, ketika kadar oksigen turun, aktivitas bakteri aerob digantikan oleh bakteri anaerob, yang memecah limbah dan mengeluarkan bau busuk yang tidak menyenangkan. Mengamati bau dapat dilakukan secara sensual (Rastina, 2005). Saat limbah cair dari usaha tahu masih diolah, mengeluarkan bau tak sedap. Bau tersebut disebabkan oleh penguraian bahan organik yang tidak sempurna. Humus, bahan kimia terlarut, plankton, limbah industri, dan sedimen semuanya berkontribusi pada warna air. Selanjutnya, hue disebabkan oleh kontaminasi unsur anorganik dan penataan ulang bahan organik, yang merupakan perombakan molekul karbohidrat, lipid, dan protein. Warna limbah cair industri tahu pada awalnya berkabut, namun setelah dilakukan

perlakuan, warnanya berubah menjadi gelap dengan penambahan komposisi lumpur, bahan organik diremix berupa protein yang berasal dari kedelai, dan bahan baku tahu bertambah. Proses bertahap degradasi warna oleh mikroorganisme bertanggung jawab atas perubahan warna yang menjadi transparan setelah perawatan, yang tidak dicapai dalam penyelidikan ini.

Adanya busa menunjukkan bahwa sampel limbah termasuk deterjen dari operasi pembersihan. Fardiaz (1992) mendefinisikan deterjen sebagai "zat yang digunakan sebagai bahan pembersih, terdiri dari cairan pembersih yang dibuat dari cairan pencuci piring alkali dan senyawa kimia minyak bumi atau surfaktan sintesis lainnya". Mikroorganisme tidak dapat menguraikan deterjen, maka keberadaan limbah berupa deterjen berlebih di dalam air mempengaruhi umur mikroba di dalam air. Hal ini dapat menghambat pengambilan oksigen di dalam air. Deterjen yang dihasilkan berpotensi menurunkan kelarutan oksigen, sehingga menurunkan kadar oksigen terlarut dan nilai BOD dan COD yang lebih tinggi. Aktivitas mikroba menyebabkan perubahan keadaan dengan parameter yang berbeda untuk setiap perlakuan. Aktivitas mikroorganisme bervariasi sesuai dengan sifat lumpur yang dimasukkan ke dalam sistem pemurnian. Pembacaan suhu untuk

keempat perlakuan bervariasi dari 24,90 hingga 29.000 C, menunjukkan bahwa mereka masih dalam ambang batas persyaratan kualitas air limbah. Ini karena suhunya kurang dari 300 °C dan berada dalam kisaran suhu tubuh air yang biasa.

Adanya bau dan warna di bawah air menunjukkan adanya pencemaran. Air berbau karena degradasi limbah industri dan mikroorganisme yang tinggal di dalamnya. Untuk menaikkan kadar BOD5 dan COD, proses penguraian mikroba membutuhkan oksigen dalam jumlah yang cukup banyak. Berkurangnya kadar oksigen dalam air mengurangi kapasitas bakteri aerobik untuk memecah sampah organik. Demikian pula, ketika kadar oksigen turun, aktivitas bakteri aerob digantikan oleh bakteri anaerob, yang memecah limbah dan mengeluarkan bau busuk yang tidak menyenangkan. Mengamati bau dapat dilakukan secara sensual (Rastina, 2005). Saat limbah cair dari usaha tahu masih diolah, mengeluarkan bau tak sedap. Bau tersebut disebabkan oleh penguraian bahan organik yang tidak sempurna. Humus, bahan kimia terlarut, plankton, limbah industri, dan sedimen semuanya berkontribusi pada warna air. Selanjutnya, hue disebabkan oleh kontaminasi unsur anorganik dan penataan ulang bahan organik, yang merupakan perombakan molekul karbohidrat, lipid, dan protein. Warna limbah cair industri tahu pada awalnya

berkabut, namun setelah dilakukan perlakuan, warnanya berubah menjadi gelap dengan penambahan komposisi lumpur, bahan organik diremix berupa protein yang berasal dari kedelai, dan bahan baku tahu bertambah. Proses bertahap degradasi warna oleh mikroorganisme bertanggung jawab atas perubahan warna yang menjadi transparan setelah perawatan, yang tidak dicapai dalam penyelidikan ini.

Adanya busa menunjukkan bahwa sampel limbah termasuk deterjen dari operasi pembersihan. Fardiaz (1992) mendefinisikan deterjen sebagai "zat yang digunakan sebagai bahan pembersih, terdiri dari cairan pembersih yang dibuat dari cairan pencuci piring alkali dan senyawa kimia minyak bumi atau surfaktan sintesis lainnya." Karena mikroorganisme tidak dapat menguraikan deterjen, maka keberadaan limbah berupa deterjen berlebih di dalam air mempengaruhi umur mikroba di dalam air. Hal ini dapat menghambat pengambilan oksigen di dalam air. Deterjen yang dihasilkan berpotensi menurunkan kelarutan oksigen, sehingga menurunkan kadar oksigen terlarut dan nilai BOD dan COD yang lebih tinggi. Aktivitas mikroba menyebabkan perubahan keadaan dengan parameter yang berbeda untuk setiap perlakuan. Aktivitas mikroorganisme bervariasi sesuai dengan sifat lumpur yang dimasukkan ke dalam sistem pemurnian. Temperatur untuk keempat perlakuan

bervariasi dari 24,90 hingga 29.00°C, menunjukkan masih di bawah ambang batas untuk peraturan kualitas air limbah. Ini karena suhunya kurang dari 30°C dan berada dalam kisaran suhu air biasa. Hasil menunjukkan dengan adanya inovasi, solusi dan studi ini mampu memberikan gambaran terkait efektivitas dari lumpur aktif dalam mengolah limbah cair industri tahu sehingga mampu meminimalisir pencemaran lingkungan

BAB 6

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil studi dan percobaan yang telah dilakukan memperoleh suatu jawaban dan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Benih I (1740 mg/L), Benih II (1890 mg/L), Benih III (1935 mg/L), dan Benih IV (2265 mg/L) memiliki nilai VSS (*Volatile Suspended Solid*). Komposisi lumpur yang ideal untuk lumpur aktif adalah lumpur Bak IV yakni campuran sedimen lumpur selokan tahu 50%, lumpur RPH 25%, dan lumpur sungai Badung 25%.
2. Keempat komposisi lumpur aktif mampu menurunkan kandungan COD (*chemical oxygen demand*) air limbah industri tahu dan diketahui sebagai oksidator. Komposisi lumpur pada benih IV yang terdiri dari 50% sedimen lumpur selokan tahu, 25% lumpur RPH, dan 25% lumpur sungai Badung mampu menurunkan nilai COD limbah industri tahu sebesar 96,10%.

Saran

Dalam menunjang dan meningkatkan kapabilitas suatu penelitian dan riset maka dirumuskan beberapa saran berupa:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis mikroorganismenya yang terdapat pada keempat komposisi lumpur yang dapat digunakan untuk membuat lumpur aktif.
2. Pemerintah Kota Denpasar memiliki peraturan perundang-undangan yang mewajibkan pemilik badan usaha sendiri, khususnya sektor industri tahu untuk mengolah limbah cairnya dengan lumpur aktif sebelum dibuang ke saluran air.

Pemilik industri rumah tangga, khususnya industri tahu, harus menerapkan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan seperti mengolah air limbah dengan lumpur aktif sebelum dialirkan ke perairan.

SINGKATAN

%	: Persen
<	: Kurang dari
>	: lebih dari
Ag ₂ SO ₄	: Perak Sulfat
Ag ₂ SO ₄ .H ₂ SO ₄	: Perak sulfat asam sulfat
BOD	: Biochemical Oxygen Demand
CaCl ₂	: Kalsium klorida
cm	: Centimeter
CO ₂	: Karbon dioksida
COD	: Chemical Oxygen Demand
DDL ₄₇ H ₂ O	: Magnesium Sulfat
E	: Energi
FAS	: Ferro Amonium Sulfat
FeC _{13.6} H ₂ O	: Besim Klorida
g	: Gram
H ₂ O	: Air
HgSO ₄	: Merkuri Sulfat
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Kalium dikromat
kg	: Kilogram
L	: Liter
mg	: Miligram
mg/L	: Miligram per liter
MnSO ₄ . H ₂ O	: Mangan sulfat
N	: Newton
NaOH	: Natrium Hidroksida
NH ₃	: Amonia
O ₂	: Oksigen
°C	: Derajat Celcius
pH	: Power of Hydrogen
T	: Treatment (perlakuan)
VSS	: Volatile Suspended Solid
vvm	: Vaksin Vial Monitor

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Alaerts, G. Dan S.S. Santika. 1990. Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Alia, D., J. Hermana, dan A. Masduqi. 2004. Jurnal Purifikasi. Volume 5. Nomor 4. Tahun Oktober 2004. ISSN 1411-3465. Divisi Jurnal Purifikasi. Jurusan Teknik lingkungan. FSTP-ITS. Surabaya.
- Atlas, R. M. And Bartha, R. 1987. Microbial Ecology. Fundamental and Applications. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, California.
- Anonim, 2006. Data dasar Profil Desa/Kelurahan Ubung Kaja. Kecamatan Denpasar Barat. Kodya Denpasar. Propinsi Bali. Denpasar.
- 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.
- Bapedal. 2000. Pengelolaan Industri Skala Kecil Propinsi Bali. Laporan Rapat Teknis. Badan Pengendalian dampak Lingkungan Wilayah II (BALI, NTB dan NTT). Denpasar.
- Barus, T.A. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Bennet, S. 1997. Ground Water Contamination from Leaking Home Heating Oil Systems. Journal of Enviromental Hydrology. Country Kildare Ireland.

- Dahuri, R. Dan A. Damar, 1994. Metode dan Teknik Analisis Kualitas Air. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Dwidjoseputro, D. 1994. Dasar –Dasar Mikrobiologi. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. PT Kanisius. Yogyakarta.
- EPA.625/6-74-003. 1974. Method for Chemical Analysis of Water and Wastes. US Enviromental Protection Agency. Washington DC.
- 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.
- Hawkes, E. 1983. Unit Process Activated Sludge. The Institute of Water Polution Control, Maidstone.
- Husin, Y.A. 1988. Penuntun Analisis Sifat Fisik –Kimia Air. Kursus Penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Angkatan VI. Kantor Menteri Negara Kependudukan Lingkungan Hidup dan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Cetakan kesembilan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Kastyanto, W.F.L. 1992. Membuat Tahu. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003.pedoman teknis

- Pengelolaan Limbah untuk Industri Kecil. Kementrian Lingkungan Hidup dan Departemen Teknologi Industri Pertanian. FTP-ITB. Bandung.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit ANDI Yogyakarta dengan LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya. Yogyakarta.
- Maeda, Y. 1992. Microbiological Waste Treatment. Kursus Singkat Manajemen Limbah Industri Pangan. PAU Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.
- Mahida, U.N. 1993. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Penerbit Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Mary, A.H.F.1998. Standart Method for The Examination of Water and Wastewater. 20th edition. Publication American Public Health Association 1015 fifteenth street. NW Washiongton DC.
- Metcalf & Eddy, inc.1990. Waste Water Engineering : Treatment Disposal Reuse. Second Edition. Revised by George Tchobanoglous. Tata McGraw Hill. Nem Delhi
- Mukono, H.J. 2000. Prinsip dasar Kesehatan Lingkungan. Airlangga Universitas Press. Surabaya.
- Mustofa, H.A. 2000. Kamus Lingkungan. Cetakan pertama. Penerbit Rineka Cipta.Jakarta.
- Nuraida, L.S.H., Sinombing dan S. Fardiaz. 1996. Produksi Karotenoid pada Limbah Cair Tahu, Air Kelapa dan Onggok oleh Kapang *Neurospora* sp. Buletin Teknologi Pangan dan Industri Pangan VII No. 1. 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.
- Rastina, 2005. *Studi Kualitas Air Sungai Ho Kabupaten Tabanan, Bali*. *Jurnal Lingkungan Hidup Bumi Lestari*. Volume 5 Nomor 1 Februari 2005. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Lembaga penelitian Universitas Udayana. Denpasar.
- Reddy, P. and Subbarau, N. 1998. *Hydrogeo Enviroment of Industrial Polluted zones in Visa Khapatnam Area Andhra Pradesh India*. *Journal of Enviromental*. India: Andhra University.
- Saeni, M.S. 1989. *Kimia Lingkungan*. Depdikbud. Ditjen Pendidikan Tinggi. PAU. Ilmu Hayati. IPB. Bogor
- Sarjoko. 1991. *Bioteknologi, latar belakang dan Beberapa Penerapannya*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sastromedjo, S. 1985. *Pengantar Studi Pengelolaan Air Kotor*. Akademi Penilik Kesehatan. Surabaya.
- Soeparno. 1992. *Ilmu Dan Teknologi Daging*. Penerbit Gajah mada Press. Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- 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.
- Suprihatin. 1993. *Perancangan Bioreaktor Aerob untuk Pengolahan Limbah cair Agroindustri*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suriawiria, U. 1990. *Pengantar Mikrobiologi Umum*.

- Cetakan kesepuluh. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Suriawiria, U. 1996. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis. Cetakan kedua. Penerbit Alumni/ 1996/ Bandung. Bandung.
- Sutrisno, C. T., E. Suciastuti. 1987. Teknologi Penyediaan Air Bersih. PT. Bina Aksara. Bandung.
- Sutrisno, C.T. 2002. Teknologi Penyediaan Air Bersih. PT. Rineka Cipta, Jakarta. Tchobanoglous, G.1979. Wastewater Engineering. Treatment Dipsal Reuse. Ed.ke-2. Metcalf & Eddy, New York.
- Zulkifli dan A.A. Meutia. 2001. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu dengan *Rotating Biological Contactor* (Rbc) pada Skala Laboratorium. Jurnal Limnotek. Volume VIII. Nomor 1 ISSN 0854-8390. IPB. Bandung.

Profil Penulis



Ni Luh Gede Sudaryati, S.Si., M.Si.

dilahirkan di Denpasar, 22 September 1979. Penulis menyelesaikan studi Strata 1 (S1) Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Udayana tahun 2002. Selanjutnya, penulis menyelesaikan Program Pasca Sarjana (S2) bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Udayana (2008). Penulis saat ini berkedudukan sebagai Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Hindu Indonesia dan sebagai Pembina UKM PIK M Kula Jana Nuraga. Penulis aktif mengikuti Conference, Seminar, Loka karya dan sebagai pemakalah kegiatan ilmiah. Penulis aktif menulis jurnal yang diterbitkan di jurnal internasional bereputasi terindeks Scopus dan Jurnal nasional terakreditasi terindeks SINTA. Penulis berpengalaman mendampingi mahasiswa dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan Mendampingi dan Lolos pendanaan 4 tahun berturut – turut (2018-2021). Penulis telah berupaya mengembangkan ide dan inovasi untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Dengan adanya buku monograf ini para pembaca dan penyusun kebijakan dapat menggunakan sebagai acuan/ referensi. Surel Penulis : sudaryati@unhi.ac.id

Profil Editor



I Made Dwi Mertha Adnyana, S.Si., CMIE.

dilahirkan di Negara 30 Juli 1998. Menyelesaikan studi Asisten keperawatan di SMK Negeri 4 Negara pada tahun 2016 dan melanjutkan Program Strata 1 (S1) pada Program Studi Biologi dengan Predikat Cumlaude dan sebagai lulusan Terbaik ditingkat Fakultas. Saat ini penulis melanjutkan dan menempuh studi di Program Studi Magister Ilmu Kedokteran Tropis Konsentrasi Epidemiologi Kedokteran Tropis, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga. Telah memperoleh sertifikasi internasional dari Microsoft (Certified Microsoft Inovatif Educator) pada tahun 2021. Bidang Epidemiologi, Kesehatan dan Lingkungan merupakan hal yang paling diminati. Prestasi utama yang pernah diraih penghargaan 10 kali di tingkat internasional dan 44 Kali di tingkat Nasional dalam bidang Karya tulis ilmiah dan essay. Telah memiliki 2 buah Hak Cipta dalam bidang Artikel ilmiah dan Produk. Penulis aktif melaksanakan riset dan mempublikasikan jurnal Internasional Bereputasi terindeks Scopus/ WoS dan Jurnal nasional terakreditasi terindeks SINTA. Telah memiliki *book chapter* "Metode penelitian pendekatan kuantitatif" dimuat tahun 2021. Pernah melaksanakan *exchange* program master di Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University (Thailand) dan menyelesaikan *Course* Bereputasi di London School of Hygiene & Tropical Medicine (United Kingdom). Aktif berbagi ilmu sebagai narasumber di beberapa acara sosialisasi, seminar, pelatihan dan pertemuan kedinasan.

Surel : dwikmertha13@gmail.com

i.made.dwi.mertha-2021@fk.unair.ac.id

Usaha tahu merupakan sektor pangan yang sangat mengandalkan air sebagai sumber daya mentah baik dalam sistem operasi maupun pengolahannya. Kedelai sebagai bahan baku tahu memiliki kandungan gizi seperti protein (34,9%), karbohidrat (34,8%), dan lemak (18,1%), sehingga usaha tahu banyak menghasilkan limbah cair yang banyak mengandung bahan organik. Bisnis tahu mengeluarkan polutan dan membutuhkan pembuangan limbah yang efisien. Untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh limbah cair, metode pengolahan limbah harus diterapkan sebelum limbah dibuang ke lingkungan perairan. Tujuan pengelolaan limbah adalah untuk mengurangi dan menghilangkan bahan kimia berbahaya dan bakteri infeksius. Untuk limbah cair dari sektor makanan, pengolahan biologis umumnya digunakan. Sistem lumpur aktif merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah biologis yang dapat meminimalkan jumlah pencemaran air limbah industri. Lumpur aktif juga dapat memetabolisme dan mendegradasi kontaminan dalam limbah, memungkinkannya untuk diolah menggunakan lumpur. Penelitian ini menghasilkan empat komposisi lumpur: lumpur aktif dari lumpur limbah industri tahu, lumpur dari fasilitas pengolahan daging Pesangalan, lumpur dari Sungai Badung, dan komposisi lumpur yang optimal untuk ditaburkan dan digunakan. Kadar COD pada Air Limbah Industri Tahu telah diperiksa. Parameter fisik dan kimia diamati. Nilai VSS dari empat komposisi lumpur yang terinfeksi dan perubahan COD limbah tahu percobaan dari empat komposisi lumpur diukur dalam penelitian ini. Rancangan acak kelompok faktorial dengan tiga ulangan digunakan dalam penelitian ini, dengan komponen pertama adalah jenis lumpur dan faktor kedua adalah lama inkubasi, serta analisis deskriptif komparatif dan analisis univariat. Komposisi lumpur optimum yang dimanfaatkan sebagai lumpur aktif adalah komposisi lumpur 50% dari lumpur limbah industri tahu, komposisi lumpur 25% dari fasilitas pengolahan daging Pesangalan, komposisi lumpur 25% dari Sungai Badung, dan persawahan. Biomassa dengan nilai VSS 2,265 mg/L mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri tahu olahan menjadi 46.645 mg/L untuk perkembangan mikroorganisme.

Tentang Penulis



Ni Luh Gede Sudaryati

Penulis dilahirkan di Denpasar, 22 September 1979. Penulis menyelesaikan studi Strata 1 (S1) Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Udayana tahun 2002. Selanjutnya, penulis menyelesaikan Program Pasca Sarjana (S2) bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Udayana (2008). Penulis saat ini berkedudukan sebagai Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Hindu Indonesia dan sebagai Pembina UKM PIK M Kula Jana Nuraga. Penulis aktif mengikuti Conference, Seminar, Loka karya dan sebagai pemakalah kegiatan ilmiah. Penulis aktif menulis jurnal yang diterbitkan di jurnal internasional bereputasi terindeks Scopus dan Jurnal nasional terakreditasi terindeks SINTA. Penulis berpengalaman mendampingi mahasiswa dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan Mendampingi dan Lolos pendanaan 4 tahun berturut – turut (2018-2021). Penulis telah berupaya mengembangkan ide dan inovasi untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Dengan adanya buku monograf ini para pembaca dan penyusun kebijakan dapat menggunakan sebagai acuan/ referensi. Surel Penulis : sudaryati@unhi.ac.id

Untuk akses **Buku Digital**,
Scan **QR CODE**



Media Sains Indonesia

Melong Asih Regency B.40, Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
Email : penerbit@medsan.co.id
Website : www.medsan.co.id

