

IDENTIFIKASI KERAGAMAN JENIS BAKTERI PADA PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI MINUMAN DENGAN LUMPUR AKTIF LIMBAH TAHU

Ritni Megasari, Danang Biyatmoko, Wahyuni Ilham, Jamzuri Hadie

*Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Universitas Lambung Mangkurat*

Keywords : identification, bacteria, liquid waste of beverage industry, activated sludge, waste of tofu

Abstract

The method of activated sludge is a wastewater treatment method that utilizes microbial growth processes are suspended. One of the microbes that play a role in wastewater treatment systems with activated sludge are bacteria. The purpose of this research was to determine the effect of sampling time and the combination of retention time on levels of pH, BOD, TSS, H₂S and turbidity effluent of beverage industry with waste activated sludge of tofu and identify the bacterial isolates obtained from the beverage industry wastewater treatment with activated sludge waste of tofu and to know the diversity of types of bacteria that play a role in it. The diversity of bacteria identified in the beverage industry wastewater treatment by activated sludge are five types of *Bacillus* sp, *Acinetobacter* sp, *Staphylococcus* sp, *Cardiobacterium* sp, and *Mycoplasma* sp. These bacteria are most likely a bacterium that plays a role in the degradation of the beverage industry wastewater. Activated sludge method, it is also able to improve water quality, especially for TSS parameter (<200 mg/l) and H₂S (<0.05 mg/l). Sampling time in the morning better than afternoon in the improvement of water quality parameters; for the retention time of 8 hours of sample treatment is better than 6 hours. Thus, the retrieval time (morning, afternoon) and the retention time of wastewater samples generate all test parameters better than the control.

Pendahuluan

Perkembangan industri dan teknologi di berbagai bidang kehidupan selain meningkatkan kualitas hidup manusia juga memberikan dampak lain terhadap kelangsungan lingkungan hidup yaitu berupa pencemaran. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang tidak diinginkan, maka pemerintah mengeluarkan suatu standar baku mutu untuk buangan limbah, khususnya untuk limbah cair cukup ketat, sehingga mendorong pelaku-pelaku industri untuk mencari dan menggunakan teknologi pengolahan limbah yang ekonomis dan berdaya guna tinggi (Indriyati, 2008).

Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair adalah industri minuman ringan dengan berbagai rasa. Industri ini menggunakan gula dan glukosa sebagai bahan baku utama, sehingga limbah yang dihasilkan mengandung bahan organik yang berkisar antara 500 – 1000 mg/l dan dalam pengolahannya menggunakan sistem aerob *activated sludge*. Baku mutu limbah cair yang dikeluarkan oleh Keputusan menteri Negara Lingkungan Hidup No. 03 tanggal 18 Januari 2010 untuk kegiatan industri, konsentrasi COD maksimum yang diperbolehkan untuk golongan I adalah 100 mg/l (Indriyati, 2008).

Sifat dan karakteristik air limbah sangat menentukan didalam pemilihan sistem pengolahan air limbah, terutama

pada kualitas air limbah yang meliputi parameter-parameter pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) (Kaswinarni, 2007). Pengolahan air limbah pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode biologi. Metode ini merupakan metode yang paling efektif dibandingkan dengan metode kimia dan fisika. Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya. Metode pengolahan lumpur aktif (*activated sludge*) merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut.

Dewasa ini metode lumpur aktif merupakan metode pengolahan air limbah yang paling banyak dipergunakan, termasuk di Indonesia. Hal ini mengingat metode lumpur aktif dapat dipergunakan untuk mengolah air limbah dari berbagai jenis industri seperti industri pangan, pulp, kertas, tekstil, bahan kimia dan obat-obatan. Namun, dalam pelaksanaannya metode lumpur aktif banyak mengalami kendala, di antaranya, (1) diperlukan areal instalasi pengolahan limbah yang luas, mengingat proses lumpur aktif berlangsung dalam waktu yang lama, bisa berhari-hari, (2) timbulnya limbah baru, di mana terjadi kelebihan endapan lumpur dari pertumbuhan mikroorganisme yang kemudian menjadi limbah baru yang memerlukan proses lanjutan (Kaswinarni, 2007).

Areal instalasi yang luas berarti dana investasi cukup besar. Hal ini mengakibatkan pemanfaatan teknologi lumpur aktif menjadi tidak efisien di Indonesia, ditambah lagi dengan proses operasional yang rumit mengingat proses lumpur aktif memerlukan pengawasan yang

cukup ketat seperti kondisi suhu dan bulking kontrol proses endapan (Kaswinarni, 2007).

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru (Herlambang dan Wahjono, 1999).

Salah satu biota yang berperan dalam sistem pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif adalah bakteri. Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu melaksanakan proses metabolisme benda-benda organik sehingga merupakan bagian yang terpenting dalam rantai makanan dan pengolahan air limbah. Bakteri akan mensintesis unsur-unsur organik yang terlarut dalam air tetapi tidak semua unsur organik dapat digunakan oleh bakteri, oleh sebab itu partikel-partikel organik berukuran lebih besar disintesa oleh protozoa (Carawan, 1979).

Dari beberapa penelitian yang telah dilaporkan dinyatakan bahwa keberadaan bakteri dan mikroba lainnya dalam lumpur aktif sangat beragam dari sistem ke sistem. Sangat beragamnya jenis bakteri dan mikroba lainnya disebabkan oleh perkembangan secara alami jenis mikroba dari air limbah, udara dan partikel-partikel lumpur. Bakteri dan mikroba tersebut akan teraklimatisasi terhadap cairan limbah dan memudahkan proses penghilangan bahan cemar (Carawan, 1979).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi waktu pengambilan sampel dan waktu retensi terhadap kadar pH, BOD, TSS, H_2S dan kekeruhan limbah cair industri minuman dengan lumpur aktif limbah tahu dan mengidentifikasi isolat bakteri yang didapatkan dari pengolahan limbah cair industri minuman dengan lumpur aktif

limbah tahu serta mengetahui keragaman jenis bakteri yang berperan di dalamnya.

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan masukan tentang jenis bakteri yang berperan dalam proses pengolahan limbah cair industri minuman menggunakan lumpur aktif limbah tahu dan dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan degradasi limbah cair industri minuman oleh bakteri tersebut. Selain itu, memberikan masukan tentang perlunya dilakukan pengelolaan limbah cair industri minuman sebelum dibuang ke lingkungan serta dapat membantu dalam mengatasi masalah limbah tahu dengan memanfaatkannya sebagai lumpur aktif dalam pengolahan limbah cair industri minuman.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuasi. Pengukuran dilakukan terhadap nilai satuan pH, BOD, COD, TSS, H₂S dan tingkat kekeruhan limbah rumah tangga sebelum dan setelah dilakukan pengolahan menggunakan sistem lumpur dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada pagi dan sore hari pada hari genap dalam satu minggu (3 hari). Kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan

Waktu Pengambilan Sampel	Waktu Retensi	
	6 jam (t ₁)	8 jam (t ₂)
Pagi (w ₁)	w ₁ t ₁	w ₁ t ₂
Sore (w ₂)	w ₂ t ₁	w ₂ t ₂

Tahapan identifikasi bakteri dimulai dengan tahap isolasi dan karakterisasi. Pada tahap isolasi, sampel limbah lumpur aktif diencerkan terlebih dahulu dengan akuades steril secara bertingkat menjadi 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵ dan 10⁻⁶. Bakteri kemudian dikembangbiakkan dengan menginokulasikan bakteri limbah hasil pengenceran ke media *Plate Count Agar* (PCA) (Komarawidjaja, 2007).

Proses inkubasi dilakukan dalam keadaan aerob selama 24-48 jam. Koloni tunggal yang terbentuk diperiksa menggunakan pewarnaan Gram untuk melihat karakteristik dinding sel dan bentuk dari sel bakteri tersebut. Tahapan selanjutnya adalah identifikasi bakteri. Tahapan ini dilakukan berdasarkan pengamatan morfologi koloni (hasil dari karakterisasi) dan uji-uji biokimia yang meliputi uji motilitas sel, uji katalase, dan uji gula (Ishak *et al.*, 2011). Hasil dari pengamatan kemudian dicocokkan dengan buku identifikasi bakteri.

Analisis Data

Hasil pengukuran pH, BOD, COD, TSS, H₂S dan tingkat kekeruhan sebelumnya dan sesudah pengolahan dengan menggunakan lumpur aktif limbah tahu, ditabulasi serta dibuat grafik. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji *dependent sample t-test*. *T-test* adalah uji yang mampu menunjukkan perbedaan rata-rata dua kelompok yang saling bergantung, dengan derajat kepercayaan 95%, sesuai rumus (Herfani, 2010) :

$$t = \frac{\bar{d}}{[(SD - \bar{d}) \sqrt{n}]}$$

Keterangan :

- \bar{d} = rata-rata deviasi
- SD = standar deviasi
- n = jumlah sampel

Data hasil pengamatan morfologi koloni (hasil dari karakterisasi) akan digunakan untuk identifikasi keberagaman bakteri berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt, *et al.*, 2003).

Hasil Dan Pembahasan

Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Menggunakan Lumpur Aktif Limbah Tahu

Identifikasi Isolat Bakteri Pengolahan Limbah Cair Minuman

Tabel 2. Rerata jumlah koloni bakteri yang tumbuh dari sampel limbah cair industri minuman yang diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu

Sampel	Jumlah sel bakteri (CFU/ml)
6 jam pagi	215 x 10 ³
6 jam sore	90 x 10 ³
8 jam pagi	260 x 10 ³
8 jam sore	475 x 10 ³

Keterangan : pengenceran = 10⁻⁴
: CFU = colony forming unit

Berdasarkan data di atas, rata-rata jumlah sel bakteri mengalami peningkatan seiring meningkatnya waktu retensi pengolahan limbah cair. Meningkatnya jumlah sel bakteri ini karena jumlah nutrisi yang terdapat pada limbah cair juga mengalami peningkatan akibat proses aerasi dan penambahan urea. Hal ini memungkinkan meningkatnya peran bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam limbah cair.

Koloni bakteri yang tumbuh pada masing-masing hasil pengenceran, diambil beberapa koloni yang dianggap berbeda untuk kemudian dikarakterisasi dan diidentifikasi. Pemilihan koloni yang berbeda didasarkan pada morfologinya. Berdasarkan pemilihan tersebut, didapat 12 koloni bakteri, yang diberi nama RM 1, RM 2, RM 3, RM 4, RM 6, RM 7, RM 8, RM 9, RM 10, RM 13, RM 15, dan RM 16. Tabel 3 menunjukkan hasil pengamatan morfologi untuk setiap koloni bakteri.

Tabel 3. Karakter morfologi koloni isolat bakteri limbah cair industri minuman yang diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu

Kode Isolat	Karakteristik				
	Bentuk	Warna	Tepi	Elevasi	Ø (mm)
RM 1	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	3 mm
RM 2	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	4 mm
RM 3	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	2 mm
RM 4	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	2 mm
RM 6	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	1 mm
RM 7	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	1 mm
RM 8	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	1 mm
RM 9	Bulat	Putih agak bening	Rata	Cembung	0,5 mm
RM 10	Bulat	Putih agak bening	Rata	Cembung	1 mm
RM 13	Bulat	Putih agak bening	Rata	Cembung	1 mm
RM 15	Bulat	Putih susu	Rata	Cembung	1 mm
RM 16	Bulat	Putih agak bening	Rata	Cembung	1 mm

Sumber : Data primer yang diolah (Oetomo, 1983)

Identifikasi merupakan tahap lanjutan dari karakterisasi. Tahap awal dalam identifikasi menurut Cappucino *et al.*, (2002) adalah dengan mengamati morfologinya. Hasil pengamatan morfologi bakteri yang diisolasi dari limbah cair industri minuman yang diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ciri morfologi isolat bakteri pengolahan limbah cair industri minuman

Kode isolat	Bentuk dan susunan sel	Gram	Motilitas
RM 1	Bulat	+	-
RM 2	Bulat	+	-
RM 3	Batang	-	-
RM 4	Bulat	-	-
RM 6	Batang	+	-
RM 7	Batang	+	-
RM 8	Batang	+	-
RM 9	Batang	-	-
RM 10	Batang	-	-
RM 13	Batang	-	-
RM 15	Batang	+	-
RM 16	Batang	-	-

Keragaman Jenis Bakteri Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman

Berdasarkan serangkaian uji biokimia (Tabel 5) yang dilakukan, dan dicocokkan dengan buku identifikasi bakteri didapat 5 spesies bakteri yang berbeda. Pengkategorian keragaman jenis bakteri berdasarkan tingkat peranan dalam proses degradasi limbah cair menggunakan lumpur aktif limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 6.

Dilihat dari spesies bakteri yang diperoleh, spesies bakteri *Bacillus sp* dan *Mycoplasma sp* mendominasi spesies yang diperoleh dari limbah cair industri minuman yang diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu. Bakteri yang diidentifikasi dari lumpur pengolahan limbah cair industri minuman kemungkinan besar merupakan bakteri yang turut berperan dalam proses pengolahan limbah cair industri minuman yang dilakukan secara biologis dengan metode lumpur aktif. Dapat dikatakan bahwa seluruh bakteri tersebut dapat bertahan hidup dengan keberadaan limbah cair industri minuman dan menggunakan limbah

cair minuman tersebut sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya.

Pengaruh Kombinasi Waktu Pengambilan Sampel dan Waktu Retensi Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Minuman Menggunakan Lumpur Aktif Limbah Tahu

Hasil penelitian pengolahan limbah cair industri minuman dengan metode lumpur aktif limbah tahu terhadap nilai pH, BOD, COD, TSS, H₂S dan kekeruhan disajikan pada Tabel 7.

Potent Hydrogen (pH)

Nilai pH mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan kontrol baik pada perlakuan pagi dan sore dengan waktu retensi 6 dan 8 jam. pH mengalami peningkatan ketika diberi perlakuan dengan lumpur aktif limbah tahu, hal ini diduga karena perombakan bahan-bahan organik dari limbah minuman yang dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat pada lumpur aktif sehingga menyebabkan meningkatnya pH dari limbah cair. pH limbah meningkat seiring meningkatnya waktu retensi dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.

Tabel 5. Hasil uji biokimia isolat bakteri limbah cair minuman dengan proses lumpur aktif limbah tahu

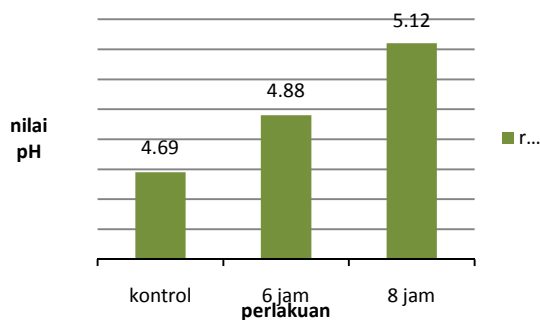
Jenis Gula	Kode Isolat											
	RM 1	RM 2	RM 3	RM 4	RM 6	RM 7	RM 8	RM 9	RM 10	RM 13	RM 15	RM 16
Katalase	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Oksidase	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Rammosa	+	+	-	-	+	+	+	D	-	-	+	-
OF	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
Inositol	+	+	d	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Sukrosa	+	+	+	-	+	+	+	-	d	-	+	-
Salicin	+	+	-	-	+	+	+	-	d	-	+	-
Xylase	-	-	-	d	+	+	+	D	d	d	+	-
TSIA	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Simon												
Citrate	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
NA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lactosa	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Urea	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Nitrogen	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-
Indol	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorbitol			+	d	+	+	+	-	d	-	+	-

Tabel 6. Pengkategorian keragaman jenis bakteri berdasarkan tingkat peranan dalam proses degradasi limbah cair menggunakan lumpur aktif limbah tahu

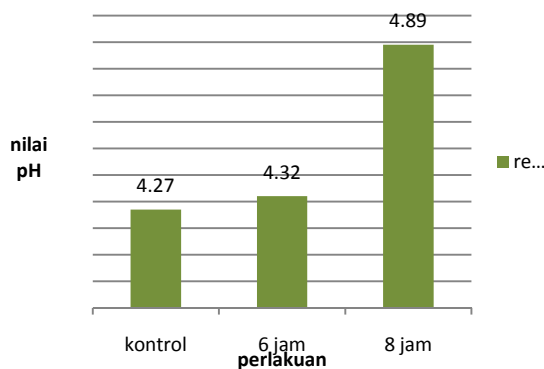
Jenis Bakteri	Kode Isolat	Pengelompokkan Bakteri	Peranan
<i>Bacillus sp</i>	RM 6 RM 7 RM 8 RM 15	Aerob atau fakultatif anaerob, mesophilic	<i>Bacillus sp.</i> bersifat aerob dan fakultatif anaerob serta merupakan salah satu bakteri yang bermanfaat dalam proses pengolahan air limbah. <i>Bacillus sp.</i> Sangat resisten terhadap kondisi yang kurang baik seperti suhu, pH, dan salinitas sehingga distribusinya di alam sangat luas. Peran utama bakteri pada lingkungan perairan adalah menguraikan biomassa organik dan mendaur ulang berbagai elemen penting (nitrogen, fosfor dan sulfur) yang terdapat pada berbagai macam bahan organik yang masuk ke perairan (Apriadi, 2008). <i>Bacillus sp.</i> dapat memproduksi enzim ekstraseluler pengurai selulosa dan hemiselulosa.
<i>Acinetobacter sp</i>	RM 4	Aerob, mesophilic	<i>Acinetobacter sp</i> dapat menggunakan nitrat dan amonia sebagai sumber N (Prashanth dan Badrinath, 2000). Kemampuan dalam mereduksi nitrat oleh bakteri yang terkandung dalam lumpur aktif disebabkan karena bakteri memiliki enzim nitrat reduktase yang ada di periplasma (Nap) dan enzim nitrat reduktase yang ada di membran plasma (Nar) (Moreno-Vivian <i>et al.</i> , 1999). Dengan memiliki enzim nitrat reduktase tersebut maka bakteri yang terdapat pada lumpur aktif dapat mereduksi nitrat pada kondisi aerob dan anaerob.
<i>Staphylococcus sp</i>	RM 1 RM 2	Fakultatif anaerob, mesophilic	<i>Staphylococcus sp</i> berbentuk bola yang berkoloni membentuk sekelompok sel tidak teratur sehingga bentuknya mirip gerombolan buah anggur. Kebanyakan tidak berbahaya dan tinggal di atas kulit dan selaput lendir manusia dan organisme lainnya. Mereka juga menjadi mikroba tanah. <i>Staphylococcus</i> sering diisolasi dari produk makanan, debu dan air. Bakteri ini katalase positif dan oksidase negatif, sering mengubah nitrat menjadi nitrit, rentan lisis oleh lisostafin tapi tidak oleh lisozim. <i>Staphylococcus</i> mampu menghasilkan enzim katalase yaitu enzim yang mengkatalisir perubahan H ₂ O ₂ menjadi air dan oksigen.
<i>Cardiobacterium sp</i>	RM 3	Fakultatif anaerob, mesophilic	<i>Cardiobacterium sp</i> merupakan bakteri gram negatif dan bersifat fermentatif dalam sistem metabolismenya. Jenis bakteri ini membutuhkan gas CO ₂ untuk proses pemisahannya dan tidak mampu mereduksi nitrat. Bakteri ini juga mampu menghasilkan gas H ₂ S dalam pertumbuhannya.
<i>Mycoplasma sp</i>	RM 9 RM 10 RM 13 RM 16	Fakultatif anaerob, mesophilic	<i>Mycoplasma sp</i> dapat bersifat saprofit, parasit, atau patogenik, dan patogen penyebab penyakit pada hewan, tumbuhan, dan kultur jaringan. <i>Mycoplasma sp</i> adalah bakteri nonmotil yang kecil sekali tanpa dinding sel. Bakteri ini juga mempergunakan bahan organik inangnya untuk pertumbuhannya.

Tabel 7. Rerata hasil pengukuran limbah cair industri minuman sebelum dan sesudah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu

Perlakuan	Nilai pH	H ₂ S (ppm)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Tingkat Kekeuhan (NTU)
Pagi	Sebelum	4,69	0,027	633,33	698,68	22
	Sesudah					17
	6 jam	4,88	0,021	533,33	598,87	19
	8 jam	5,12	0,018	500	532,33	13
Sore	Sebelum	4,27	0,037	666,67	731,95	20
	Sesudah					44
	6 jam	4,32	0,034	633,33	719,48	18
	8 jam	4,89	0,022	566,67	598,87	15



Gambar 1. Peningkatan nilai pH pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 2. Peningkatan nilai pH pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

Pertumbuhan mikroba secara normal pasti menuju pH netral sehingga mikroba dapat berkembang biak untuk mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair. Menurut Hanifah *et al* (2001), bakteri dalam limbah menghasilkan

amonia yang dapat menaikkan pH. Mikroorganisme lumpur aktif akan menguraikan bahan-bahan organik dan menghasilkan amonia yang dapat menaikkan nilai satuan pH.

Nilai satuan pH yang didapatkan dari proses pengolahan limbah cair industri minuman menggunakan lumpur aktif limbah tahu belum memenuhi Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.04 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan yaitu kadar maksimum pH 6–9.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa $P < 0,05$ pada waktu retensi 6 jam (pagi hari) dan 8 jam (sore hari). Berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang tidak beda nyata karena nilai $t > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna antara nilai satuan pH sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif. Akan tetapi, dapat dikatakan pula terjadi peningkatan nilai pH setelah dilakukan proses pengolahan limbah dengan lumpur aktif walaupun tidak secara signifikan mempengaruhi peningkatan nilai pH.

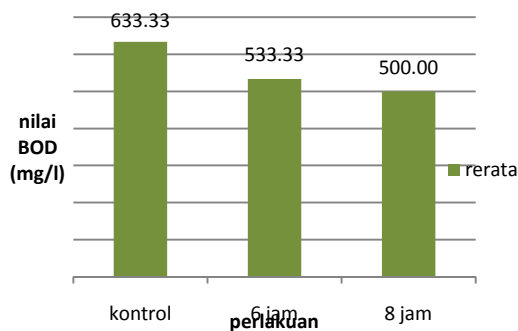
Menurut Sudaryati (2007), meningkatnya nilai pH dikarenakan telah terjadi reaksi biologis dari mikroorganisme (denitrifikasi) yang memungkinkan laju sintesis mikroba yang optimum dan terjadi proses fotosintesis dalam limbah cair

industri minuman. Dalam fotosintesis akan terbentuk molekul oksigen dimana oksigen akan dilepas ke dalam lingkungan dan digunakan oleh mikroorganisme pada waktu metabolisme bahan-bahan organik.

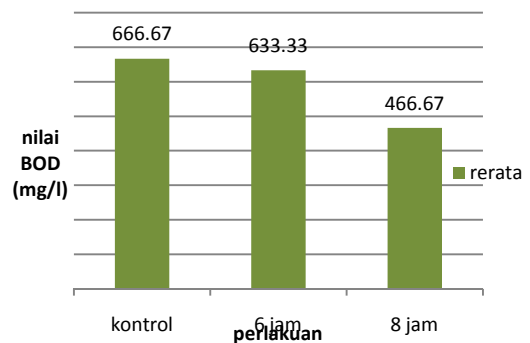
Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Gambar 3 dan 4 menunjukkan penurunan nilai BOD pada setiap perlakuan dan waktu retensi. Terjadinya penurunan nilai BOD ini berhubungan erat dengan reaksi enzimatik yang dilakukan oleh mikroba yang tahap-tahapnya akan berjalan antara lain :

- Inisiasi penurunan BOD bila buangan mengadakan kontak dengan “lumpur aktif”, dengan terhimpunnya sumber nutrient di dalam sel sebagai sediaan.
- Penurunan nilai BOD sejalan dengan pertumbuhan lumpur aktif.
- Oksidasi dari materi sel melalui respirasi endogenous, akan berjalan melalui reaksi oksidasi senyawa organik, sintesa materi sel dan oksigen materi sel.



Gambar 3. Peningkatan nilai BOD pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 4. Peningkatan nilai BOD pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

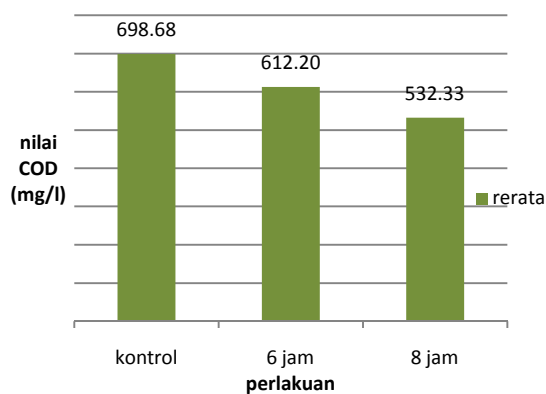
Penurunan kadar BOD juga disebabkan oleh adanya proses aerasi. Aerasi adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau dapat dihilangkan sama sekali. Semakin lama waktu proses yang dilakukan, maka semakin baik mikroba tersebut menguraikan zat-zat yang ada di air limbah industri minuman sehingga menurunkan kadar BOD yang ada di air limbah industri minuman.

Selain karena adanya waktu aerasi, debit udara pada aerasi juga mempengaruhi reduksi angka BOD, debit ini akan meningkatkan jumlah oksigen terlarut. Kisaran BOD biasanya dipengaruhi oleh suhu, keadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik yang terdapat di dalamnya.

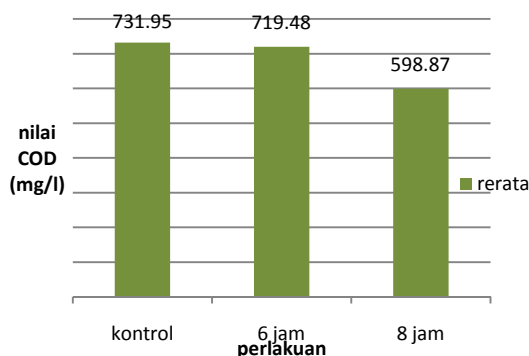
Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa pada waktu retensi 6 jam dan 8 jam, berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t ada perbedaan yang signifikan. Dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara nilai BOD sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Rerata kadar COD limbah cair industri minuman sebelum dan sesudah pengolahan tertera pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Peningkatan nilai COD pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 6. Peningkatan nilai COD pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

Berdasarkan hasil pengukuran kadar COD pada limbah cair industri minuman dengan metode lumpur aktif menggunakan limbah tahu, terjadi penurunan kadar COD terhadap limbah cair inudstri minuman tersebut setelah dilakukan pengolahan menggunakan lumpur aktif limbah tahu. Tapi, jika dilihat dari nilai COD yang diperoleh setelah pengolahan nilai COD belum memenuhi nilai baku mutu yang

telah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Tahun 2007 karena nilai COD masih > 100 mg/l.

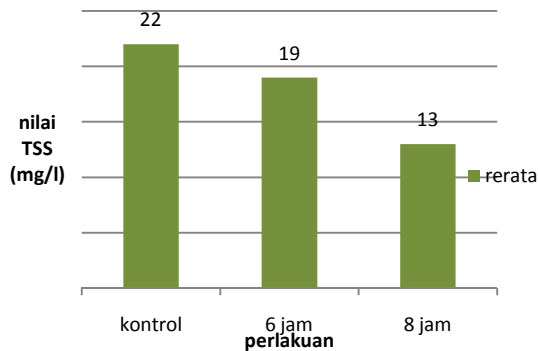
Sama halnya dengan BOD, kadar COD mengalami penurunan disebabkan karena proses aerasi yang memberikan suplai oksigen sehingga zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi menjadi turun. Secara rata-rata kadar COD dapat dikatakan rendah, hal ini dapat disebabkan oleh aerasi telah mampu meningkatkan kemampuan bakteri aerob untuk memecah bahan organik. Semakin lamanya waktu proses yang dilakukan, maka semakin menurunnya kadar COD yang ada di air limbah industri minuman yang dilakukan oleh mikroba lumpur aktif.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa $P < 0,005$ pada jam ke 6 dan 8. Berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t ada perbedaan yang signifikan pada jam ke 8. Dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara nilai COD sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif. Namun, pada waktu retensi 6 jam nilai COD tidak memiliki nilai yang signifikan karena $> 0,05$.

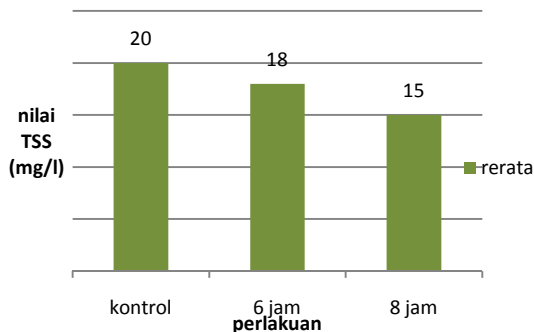
Penurunan ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik untuk keperluan hidupnya. Penurunan nilai COD dengan perlakuan (penambahan lumpur aktif) memberikan hasil yang lebih baik daripada tanpa perlakuan (kontrol). Ini disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme untuk merombak (mengoksidasi) daripada bahan organik yang ada pada limbah cair industri minuman, sehingga laju sintesisnya terhadap bahan organik dalam sampel lebih tinggi pula. Untuk mencapai penanganan limbah secara biologis yang memuaskan, limbah harus mengandung unsur-unsur yang cukup untuk mempertahankan laju sintesisnya.

Total Suspended Solid (TSS)

Berdasarkan hasil pengukuran TSS pada limbah cair industri minuman menggunakan lumpur aktif limbah tahu, terjadi penurunan kadar TSS terhadap limbah cair industri minuman tersebut. Penurunan kadar TSS tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Peningkatan nilai TSS pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 8. Peningkatan nilai TSS pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

Pada penelitian ini, dengan waktu retensi 6 jam mampu menurunkan kadar TSS menjadi 19 mg/l (pagi hari) dan 18 mg/l (sore hari). Waktu retensi 8 jam dapat menurunkan kadar TSS menjadi 13 mg/l (pagi hari) dan 15 mg/l (sore hari). Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.04 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri,

Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan; kadar TSS yang diperkenankan sebesar 200 mg/l, hal ini berarti kadar TSS sudah memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan.

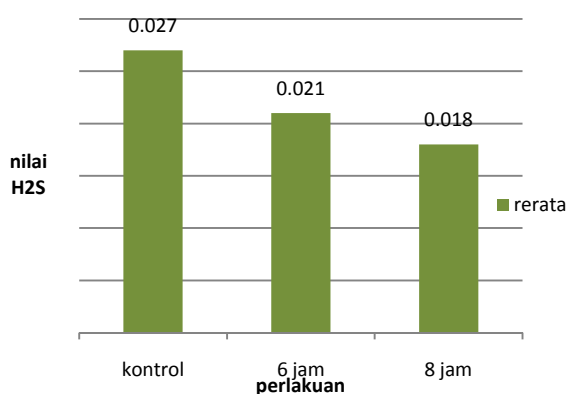
Penggunaan metode lumpur aktif menggunakan limbah tahu mampu menurunkan TSS pada limbah cair industri minuman. Hal ini dapat dijelaskan karena mikroorganisme yang ada di limbah tahu dapat menggunakan padatan tersuspensi dari limbah cair industri minuman untuk berkembangbiakan dan aktivasinya. Padatan tersuspensi yang berupa bahan-bahan organik akan mengalami pembusukan dan bahan padatnya akan mengapung oleh adanya dorongan gas yang menyebabkan bau busuk dan kotoran mengambang.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa $P > 0,005$ pada waktu retensi 6 jam dan 8 jam. Berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t tidak ada perbedaan yang signifikan pada jam ke 6 dan 8. Dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang tidak signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna antara nilai TSS sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif.

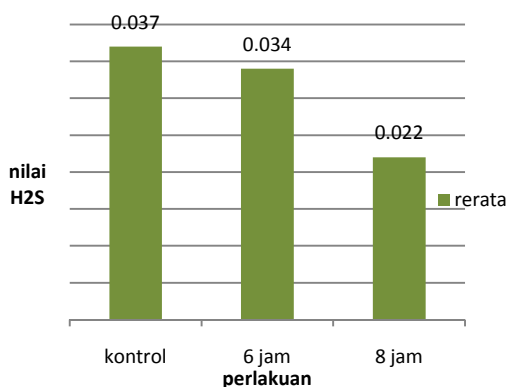
Hidrogen Sulfida (H_2S)

Pada penelitian ini, dengan waktu retensi 6 jam mampu menurunkan kadar H_2S menjadi 0,021 mg/l (pagi hari) dan 0,034 mg/l (sore hari). Waktu retensi 8 jam dapat menurunkan kadar H_2S menjadi 0,018 mg/l (pagi hari) dan 0,022 mg/l (sore hari). Jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.04 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan; kadar H_2S yang diperkenankan sebesar 0,05 mg/l, hal ini berarti kadar H_2S sudah memenuhi

persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan.



Gambar 9. Peningkatan nilai H₂S pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 10. Penurunan H₂S pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

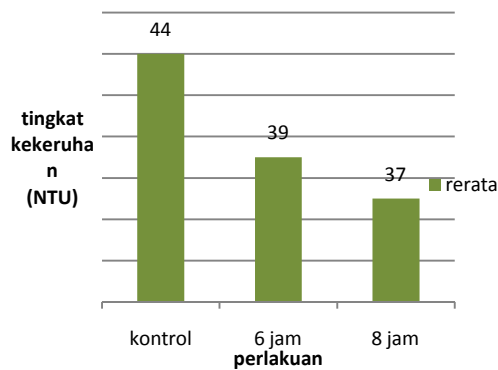
H₂S berasal dari kegiatan dekomposisi protein. Senyawa ini muncul dari hasil buangan limbah cair industri minuman. Nilai H₂S akan mempengaruhi nilai pH pada limbah. Ketika H₂S menurun maka nilai pH akan meningkat. Senyawa ini terbentuk karena adanya aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan zat organik dalam kondisi anaerobik. Dalam kondisi kekurangan oksigen seperti di dasar perairan, mikroorganisme pereduksi sulfat (bakteri *Desulfovifrio desulfuricant*) menggunakan oksigen yang terikat dalam senyawa seperti sulfat (SO₄²⁻) untuk

mengoksidasi zat organik dan mereduksi ion sulfat menjadi sulfida,

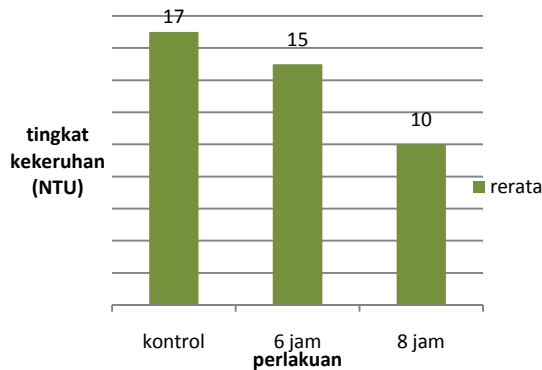
Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa $P > 0,005$ pada waktu retensi 6 jam dan 8 jam. Berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t ada perbedaan yang signifikan pada waktu retensi 6 jam dan 8 jam. Dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna antara nilai H₂S sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif. Namun, pada waktu retensi 6 jam sore hari nilai yang diperoleh tidak signifikan karena nilai yang diperoleh $< 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna antara nilai H₂S sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif.

Kekeruhan

Pada waktu retensi 6 jam, lumpur aktif menggunakan limbah tahu mampu menurunkan kekeruhan menjadi 439 NTU (pagi hari) dan 15 NTU (sore hari). Waktu retensi 8 jam dapat menurunkan kekeruhan menjadi 37 NTU (pagi hari) dan 10 NTU (sore hari). Penurunan ini terjadi karena dilakukannya proses pengendapan setelah proses pengolahan. Pengendapan dilakukan pada penelitian ini yaitu sekitar 1 jam. Dari hasil nilai kekeruhan sore hari yang < 25 NTU, Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih, tingkat kekeruhan yang diperkenankan sebesar 25 NTU. Hal ini berarti tingkat kekeruhan telah memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan.



Gambar 11. Peningkatan kekeruhan pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (pagi hari)



Gambar 12. Peningkatan kekeruhan pada limbah cair industri minuman setelah diolah menggunakan lumpur aktif limbah tahu (sore hari)

Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut kemudian dilakukan uji statistik menggunakan uji-t sehingga didapatkan hasil bahwa $P < 0,05$ pada jam ke 6 dan 8. Berdasarkan uji statistik menggunakan uji-t ada perbedaan yang bermakna atau signifikan pada jam ke 6 dan 8 pada sore hari sedangkan pada jam ke 6 dan 8 pagi hari tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh hasil yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara nilai kekeruhan sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan menggunakan lumpur aktif.

Kesimpulan

1. Keragaman bakteri yang teridentifikasi pada proses pengolahan limbah cair industri minuman dengan lumpur aktif ada lima jenis yaitu *Bacillus sp*, *Acinetobacter sp*, *Staphylococcus sp*, *Cardiobacterium sp*, dan *Mycoplasma sp*. Bakteri yang diidentifikasi dari lumpur pengolahan limbah cair industri minuman kemungkinan besar merupakan bakteri yang berperan dalam degradasi limbah cair industri minuman.
2. Penggunaan lumpur aktif berbahan dasar limbah tahu pada pengolahan limbah cair industri minuman mampu memperbaiki kualitas air, terutama untuk parameter TSS (< 200 mg/l) dan H_2S ($< 0,05$ mg/l), dimana :
 - Waktu pengambilan (pagi, sore) dan waktu retensi sampel air limbah menghasilkan semua parameter uji yang lebih baik dibanding kontrol.
 - Waktu pengambilan sampel pada pagi hari lebih baik dibandingkan sore hari dalam perbaikan parameter kualitas air sampel.
 - Waktu retensi sampel 8 jam lebih baik dibandingkan 6 jam dalam perbaikan parameter kualitas air sampel.

Daftar Pustaka

- Balantek, A. H. 2011. Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Menggunakan Lumpur Aktif Berbahan Dasar Limbah Tahu. *Tesis*. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Carawan, R. E. 1979. *Spinoff on Wastewater Treatment of Food Processing Effluents*. Extension special report No. AM-18J. January, 1979.
- Hanifah. T. A, Jose. C dan Nugroho. T. T. 2001. Pengolahan Limbah Cair Tapioka Dengan Teknologi EM (*effective mikroorganisms*). Fakultas

- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, *Jurnal Natur Indonesia III (2): 95 - 103 (2001)*.
- Herlambang, A, H.D Wahjono. 1999. *Teknologi Pengolahan Limbah Tekstil Dengan Sistem Lumpur Aktif*. Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Holt, J.G, N.R. Krieg, P.H.A Sneath, & S.T Williams. 2003. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition*. A Walter Kluwer Company
- Indriyati. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman. *J. Tek. Ling. Vol. 9 No. 1 Hal. 25-30*
- Ishak, W.M.F.W, S. Jamek, N.F.M Jamaludin. 2011. Isolation and Identification of Bacteria from Activated Sludge and Compost for Municipal Solid Waste Treatment System. *2011 International Conference on Biology, Environment and Chemistry IPCBEE vol.24. IACSIT Press, Singapoore*
- Kaswinarni, F. 2007. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. *Tesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Komarawidjaja, W. 2007. Karakteristik dan Keragaman Mikroba Unit Pengolah Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Tek.Ling Vol. 8 No.2, Hal 150-155*.
- Oetomo, R. S. H. 1983. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek : Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.04. 2007. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Pemerintah Daerah Kalimantan Selatan.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3. 2010. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.
- Sudaryati N.L.G, I. W Kasa, I. W. S Budiarsa. 2007. Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Udayana. *Jurnal ECOTROPHIC. 3 (1) : 21 - 29*.