

Tugas Akhir

**PENGOLAHAN LIMBAH BUANGAN INDUSTRI
TAHU MENGGUNAKAN BIOREAKTOR BIAKAN
MELEKAT SECARA ANAEROB-AEROB**



DISUSUN OLEH:

**DWI ANCELLA YUDHA
D 121 09 255**

**PROGRAM STUDI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPILFAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2013**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " **Pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob - Aerob.**

Disusun Oleh :

Nama : **Dwi Ancella Yudha**

D121 09 255

Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 03 Maret 2014

Pembimbing I

Ir. Achmad Zubair, MSc
Nip. 195901161987021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

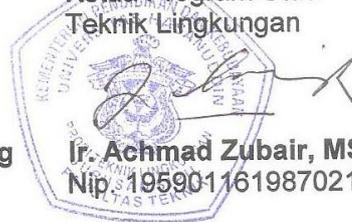


Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.S., M.Eng
Nip. 196012311985031001

Pembimbing II

Dr. Eng. Ardy, S.T., M.T.
Nip. 197607072005011002

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Lingkungan



Ir. Achmad Zubair, MSc
Nip. 195901161987021001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur patut dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-Aerob. Penulisan skripsi ini dimaksudkan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan perkuliahan sekaligus memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari pihak-pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Ungkapan terima kasih penulis sampaikan secara tulus, mengingat tanpa bantuan mereka, penulis merasa kesulitan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ing Ir. Wahyu Haryadi Piarah, M.S., M.E., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Ramli, M.T. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Ir. Anshar Suyuti, M.T. selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Ir. Syamsu Asri, M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.S., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

4. Bapak Dr. Ir.Harianto, S.T., M.T. selaku Sekertaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Ir. Achmad Zubair, MSc selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Ir.Achmad Zubair, M.Sc selaku Pembimbing I dan Bapak Dr.Eng.Ardy, ST.,M.Eng.Sc selaku pembimbing II yang penuh kesabaran dan keikhlasan membimbing, mengarahkan, mendorong, dan memberikan saran untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, MSc dan Bapak M.Asad Abdurrahman, S.T., M.T. selaku tim penguji saat seminar hasil.
8. Bapak Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, M.T., Bapak Ir. H. M. Iskandar Maricar, M.T., Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T selaku tim penguji Ujian Sarjana yang mengevaluasi serta memberikan saran dan masukan yang membantu penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.
9. Seluruh dosen beserta civitas akademik Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassardan staf Fakultas Teknik Jurusan Sipil yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan skripsi ini dan memberikan pelayanan administrasi selama penulis menjadi mahasiswi.
10. Bapak Akbar selaku pemilik industri tahu Trisanjaya yang telah memberikan izin untuk mengambil air limbah tahu yang dijadikan sampel olahan pada penelitian ini.

11. Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan dan staf Laboratorium Politeknik Kesehatan Makasar yang telah memberikan izin dan membantu penulis dalam penelitian, pemeriksaan sampel, serta pembuatan alat penelitian.
12. Bapak Syamsuddin, S.SKM, M.Kes dan Kak Ain Khaer,S.ST yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membantu, membagikan ilmu serta memberi masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
13. Orang yang berjasa dalam hidup penulis, yaitu ibunda Yuliana dan ayahanda Daniel yang senantiasa memberikan didikan, nasehat serta doanya selama ini.
14. Andi Fariz Permana yang penuh dengan kesabaran, pengorbanan, pengertian serta motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
15. Sahabat penulis, Putri Aulia Halim, Aulia Nurmitha dan anak LT 8 yang memberikan motivasi serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
16. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu baik secara moril maupun materil dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Tuhan membalas budi baik dan bantuan yang diberikan kepada penulis dengan pahala yang berlipat ganda.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun skripsi ini masih terdapat kekurangan, baik dari penulisan maupun penyampaian bahasa dan lain sebagainya. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kepada semua pihak dapat menyampaikan kritik-kritik positif demi menyempurnakan dan memperbaiki penulisan ini. Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat

bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan menjadi inspirasi bagi para pembaca.

Makassar, Februari 2014

Penulis

Dwi Ancella Yudha

ABSTRACT

Most tofu industries in Makassar is home industry that does not pay attention to the waste before disposal, especially the most liquid waste potentially contaminate the surrounding environment especially water bodies because they contain organic matter. Therefore, the required processing can degrade organic materials contained in it, one of which is by using a biological treatment reactors or called with attached growth bioreactor (Attached Growth Bioreactor) in which microorganisms grow and contribute to a better media experience media just as the rocks and artificial media such as plastic. The researches used bioball as bacterial growth media and produce reduced levels of contaminants that are relatively high. For levels of BOD (Biological Oxygen Demand) reaches a maximum reduction to 96,31%, for levels of COD (Chemical Oxygen Demand) have declined by 91%, levels of TSS (Total Suspended Solid) also experienced a greater decline reached 92,65%, and Ammonia levels reaching up to 99,13% stage percentage. With this, it can be concluded that the wastewater treatment tofu industry with bioreactor cultures with media bioball effective in reducing the content of organic matter in the waste.

Key Words : *Bioreactors, Tofu Waste, Processing, Microorganisms, Bioball.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Kualitas Dan Air Limbah	6
B. Proses Produksi Tahu	7
C. Karakteristik Air Limbah.....	10
D. Dampak Yang Ditimbulkan Air Limbah Tahu	11
E. Kajian Tentang Variabel Yang Diteliti.....	11
1. Tinjauan Tentang BOD (Biological Oxygen Demand)	11
2. Kajian Tentang COD (Chemical Oxygen Demand).....	13
3. Kajian Tentang TSS (Total Suspended Solid)	13

4. Kajian Tentang Amoniak	14
F. Pengolahan Air Limbah Tahu Secara Biologi	16
G. Pengolahan Biologis Secara Anaerob	18
H. Pengolahan Biologis Secara Aerob	20
I. Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Lekat (<i>Attached Growth Bioreaktor</i>) atau Biofilter.	23
J. Proses Penguraian Bahan Organik Oleh Bakteri	25
K. Perhitungan Perkiraan Kualitas COD dan BOD Effluen.....	27
L. Perhitungan Kadar BOD dan TSS Effluen Pada Air Limbah Industri Tahu Berdasarkan Rumus	30
M. Penyisihan Zat Pencemar	31

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	32
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	32
C. Kerangka Pikir	33
D. Populasi dan Sampel.....	33
E. Alat dan Bahan Penelitian.....	34
F. Teknik Pengumpulan Data.....	37
G. Definisi Operasional	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Air Limbah dan Bioreaktor	45
1. Kondisi Air Limbah Tahu	45
2. Gambaran Umum Bioreaktor	46
B. Analisis Hasil Penelitian.....	48

1. Biological Oxygen Demand (BOD)	48
2. Chemical Oxygen Demand (COD).....	50
3. Total Suspended Solid (TSS)	52
4. Amonia.....	53
5. Analisis Hasil Perhitungan <i>Organic Removed</i> (BOD, COD, TSS, Amonia) Dengan Menggunakan Bioreaktor.....	55
C. Perhitungan Kadar Effluen Pada Pengolahan Air Limbah Berdasarkan Rumus.....	59
1. BOD Effluen Berdasarkan Rumus	61
2. TSS Effluen Berdasarkan Rumus	62
D. Pembahasan.....	63
1. BOD (Biological Oxygen Demand)	63
2. COD (Chemical Oxygen Demand).....	68
3. TSS (Total Suspended Solid)	71
4. Amonia.....	73
5. Perbandingan Kadar Effluen Teoritis dan Kadar Effluen Dari Pengolahan Menggunakan Bioreaktor	74

BAB V PENUTUP

1. Kesimpulan	77
2. Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA	79
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Spesifikasi Teknis Bioreaktor kombinasi Anaerob-Aerob.....	35
Tabel 2	Air Limbah Tahu Sebelum Proses Pengolahan	46
Tabel 3	Kondisi Fisik Bioreaktor, Media, dan Air Limbah pada 7 hari pertama Masa Penumbuhan Biofilm.	47
Tabel 4	Konsentrasi BOD Sebelum dan Sesudah Pengolahan	49
Tabel 5	Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan	51
Tabel 6	Konsetrasi TSS Sebelum dan Sesudah Pengolahan	52
Tabel 7	Konsetrasi Amonia Sebelum dan Sesudah Pengolahan	54
Tabel 8	Nilai BOD Removed	56
Tabel 9	Nilai COD Removed	57
Tabel 10	Nilai TSS Removed.....	58
Tabel 11	Amonia Removed	59
Tabel 12	BOD Effluen Berdasarkan Rumus	61
Tabel 13	TSS Effluen Berdasarkan Rumus	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Bagan Alir Proses Pembuatan Tahu	9
Gambar 2	Mekanisme Penghilangan BOD (<i>BOD removal</i>).....	26
Gambar 3	Grafik Empiris Hubungan antara waktu setling dengan pengurangan COD.....	28
Gambar 4	Grafik Empiris Hubungan antara COD Removal (%) dengan Faktor Pengali	29
Gambar 5	Skema Kerangka Pikir Penelitian.....	33
Gambar 6	Alat dan Bahan yang digunakan untuk pembuatan Reaktor.....	36
Gambar 7	Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Bioreaktor Anaerob Aerob.....	38
Gambar 8	Kondisi Pabrik Tahu Trisanjaya.....	45
Gambar 9	Outlet Pembuangan Limbah Cair Pabrik	45
Gambar 10	Dokumentasi Alat Bioreaktor Biakan Melekat.....	48
Gambar 11	Konsentrasi BOD Sebelum Dan Sesudah Pengolahan	49
Gambar 12	Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan.....	51
Gambar 13	Konsentrasi TSS Sebelum Dan Sesudah Pengolahan	53
Gambar 14	Konsentrasi Amonia Sebelum Dan Sesudah Pengolahan.....	54
Gambar 15	Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan I	64
Gambar 16	Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan II	65
Gambar 17	Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan III	65
Gambar 18	Persentase Penyisihan COD pada Percobaan I	68

Gambar 19	Persentase Penyisihan COD pada Percobaan II.....	68
Gambar 20	Persentase Penyisihan COD pada Percobaan III.....	68
Gambar 21	Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan I.....	70
Gambar 22	Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan II.. ..	70
Gambar 23	Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan III	71
Gambar 24	Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan I.....	72
Gambar 25	Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan II.....	73
Gambar 26	Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan III	73
Gambar 27	Perbandingan Konsentrasi BOD Effluen Pengolahan dengan BOD Effluen Teoritis	75
Gambar 28	Perbandingan Konsentrasi TSS Effluen Pengolahan dengan BOD Effluen Teoritis	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- 1 Surat Permohonan Pengambilan Sampel
- 2 Surat Permohonan Penelitian dan Pemeriksaan Sampel
- 3 Hasil Pemeriksaan Laboratorium
- 4 Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri tahu
- 5 Gambar Desain Alat Pengolahan Bioreaktor Biakan Melekat
- 6 Perhitungan Kecepatan aliran pada bioreaktor dengan waktu tinggal 2 hari
- 7 BOD sebelum dan setelah pengolahan
- 8 COD sebelum dan setelah pengolahan
- 9 TSS sebelum dan setelah pengolahan
- 10 Amonia sebelum dan setelah pengolahan
- 11 Dokumentasi pengambilan sampel air limbah pada industri tahu Trisanjaya
- 12 Bioreaktor pengolah air limbah tahu dengan media bioball sebelum proses pengolahan dan pada saat pertumbuhan biofilm
- 13 Proses pengambilan sampel hasil olahan pada outlet reaktor
- 14 Sampel air limbah sebelum pengolahan
- 15 Sampel air limbah setelah pengolahan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tahu merupakan makanan yang digemari masyarakat, baik masyarakat kalangan bawah hingga atas. Keberadaannya sudah lama diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan harganya murah. Hasil akhir dari industri tahu adalah tahu, ampas tahu, dan air tahu (*whey*) yang biasanya tidak dimanfaatkan dan dibuang. Komposisi tahu mengandung unsur air, protein, lemak dan karbohidrat dengan kadar air 84-90 %, protein 5-8 %, lemak 3-4 % dan karbohidrat 2-4 % (Ariani dkk, 2007).

Industri tahu di Makassar merupakan industri skala kecil yang berkembang pesat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Namun, sebagian besar industri tahu di Makassar masih belum mengelola limbah dengan baik khususnya limbah cair sehingga mengakibatkan pencemaran. Pencemaran ini terlihat jelas di saluran drainase sekitar pabrik yang menimbulkan bau busuk dan keruh.

Limbah cair industri tahu dapat mengakibatkan pencemaran, khususnya lingkungan perairan karena mengandung sisa air dari susu tahu yang tidak menggumpal dan limbah ini masih mengandung bahan organik, seperti protein, karbohidrat, dan lemak. Limbah cair tahu mengandung bahan organik tinggi dan kadar BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) yang cukup tinggi pula, jika langsung dibuang ke badan air, jelas sekali akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu

memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada.

Teknologi pengolahan limbah tahu dapat dilakukan dengan proses biologis sistem anaerob, aerob dan kombinasi anaerob-aerob. Teknologi pengolahan limbah tahu yang ada saat ini pada umumnya berupa pengolahan limbah dengan sistem anaerob, hal ini disebabkan karena biaya operasionalnya lebih murah. Dengan proses biologis anaerob, efisiensi pengolahan hanya sekitar 70%-80%, sehingga airnya masih mengandung kadar pencemar organik cukup tinggi, serta bau yang masih ditimbulkan sehingga hal ini menyebabkan masalah tersendiri (Herlambang, 2002).

Menurut Ariani Dwi Astuti, dkk (2007), suatu alternatif pengolahan limbah yang cukup sederhana adalah pengolahan secara biologis, yakni dengan bioreaktor lekat diam terendam bermedia dimana mikroorganisme pengurai menempel pada media untuk berkontak langsung dengan air buangan secara anaerob maupun aerob.

Bioreaktor adalah sebuah wadah untuk melakukan proses kimia yang melibatkan organisme atau substansi biokimia aktif yang diambil makhluk hidup. (Madia, dkk., 2011)

Pengolahan air buangan secara biologis adalah suatu cara pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air buangan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat tertentu yang dapat berlangsung dalam 2 (dua) lingkungan utama, yaitu aerob dan anaerob.

Olehnya itu peneliti berkeinginan untuk mencoba melakukan penelitian, yaitu : “Pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat secara Anaerob-Aerob”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas tentang pentingnya proses pengolahan air limbah tahu yang masih kurang, maka dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana perbandingan kualitas air limbah tahu dengan parameter BOD, COD, TSS (Total Suspended Solid), dan Amonia sebelum dan sesudah dilewatkan pada Bioreaktor.
2. Bagaimana efektivitas penggunaan bioreaktor terhadap penyisihan kadar BOD, COD, TSS, dan Amonia pada air limbah tahu.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk membandingkan kualitas air limbah tahu dengan parameter BOD, COD, TSS, dan Amonia sebelum dan sesudah dilewatkan pada Bioreaktor.
2. Untuk menganalisis efektivitas penggunaan Bioreaktor terhadap penyisihan kadar BOD, COD, TSS, dan Amonia pada air limbah tahu.

D. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan metode pengolahan limbah tahu kepada pengusaha Industri Tahu yang mudah dan memiliki nilai ekonomis.

2. Dapat menjadi sumbangan ilmiah bagi dunia pendidikan khususnya dalam bidang teknik lingkungan serta menjadi bahan acuan untuk peneliti selanjutnya.

E. Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan, terdiri dari latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, terdiri dari pengertian kualitas dan air limbah, proses produksi tahu, karakteristik air limbah tahu, dampak yang ditimbulkan air limbah tahu, kajian tentang variabel yang diteliti, pengolahan air limbah tahu secara biologi, pengolahan biologis secara anaerob, pengolahan biologi secara aerob, pengolahan air limbah tahu menggunakan bioreaktor lekat (*attached growth bioreaktor*) atau biofilter, proses penguraian bahan organik oleh bakteri, perhitungan perkiraan kualitas cod dan bod effluen, perhitungan kadar bod, dan tss effluen pada air limbah industri tahu berdasarkan rumus, serta penyisihan zat pencemar.

Bab III Metode Penelitian, terdiri dari jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, kerangka pikir, populasi dan sampel, alat dan bahan penelitian, teknik pengumpulan data, serta definisi operasional.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, menjelaskan tentang gambaran umum air limbah dan bioreaktor, analisis hasil penelitian, perhitungan kadar effluen pada pengolahan air limbah berdasarkan rumus, serta pembahasan.

Bab V Penutup, terdiri dari kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian serta berisi saran yang dapat digunakan untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Kualitas Dan Air Limbah

Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar di dalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil jumlah parameter dan semakin kecil konsentrasinya, hal itu menunjukkan semakin kecilnya peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan (Kristanto, 2002).

Limbah cair adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1% dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan bukan organik (Mahida, 1984).

Ehless dan Steel (Chandra, 2005) mendefinisikan bahwa air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Menurut Jumardi (2009) air limbah adalah air bekas pakai yang dihasilkan oleh aktivitas manusia baik yang berasal dari rumah tangga, pertanian, industri maupun tempat-tempat umum yang harus dibuang karena dapat membahayakan kehidupan manusia dan kelestarian lingkungan.

Komponen-komponen kimia dalam perairan dapat diklasifikasikan dalam 3 kelompok yang disebut zat-zat organik yang terdiri atas senyawa-

senyawa organik alam dan senyawa-senyawa sintetis, bahan-bahan anorganik dan gas. Komponen dasar dari senyawa-senyawa organik adalah karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen, fosfor dan sulfur. Tiga kelompok utama dari senyawa organik adalah protein, karbohidrat, dan lipida.

Zat-zat organik terdapat dalam air dengan kadar yang rendah dan hanya sebagian kecil dari seluruh padatan yang ada. Keberadaan senyawa organik di dalam air akan menimbulkan berbagai masalah, antara lain masalah rasa dan bau. Keberadaan senyawa organik juga menyebabkan air memerlukan proses pengolahan air bersih yang lebih kompleks, menurunkan kandungan oksigen, serta menyebabkan terbentuknya substansi-substansi beracun. Gas-gas yang terdapat dalam air meliputi oksigen, nitrogen, karbondioksida, metana, hidrogen sulfida, dan amonia. Konsentrasi gas-gas tersebut di dalam air tergantung pada keadaan suhu.

Dari pengertian di atas, maka secara umum dapat dikatakan bahwa yang dimaksud dengan air limbah adalah air buangan yang dihasilkan dari industri, rumah tangga, serta lingkungan masyarakat dari berbagai aktivitas yang dapat mengganggu, merusak keseimbangan serta estetika lingkungan.

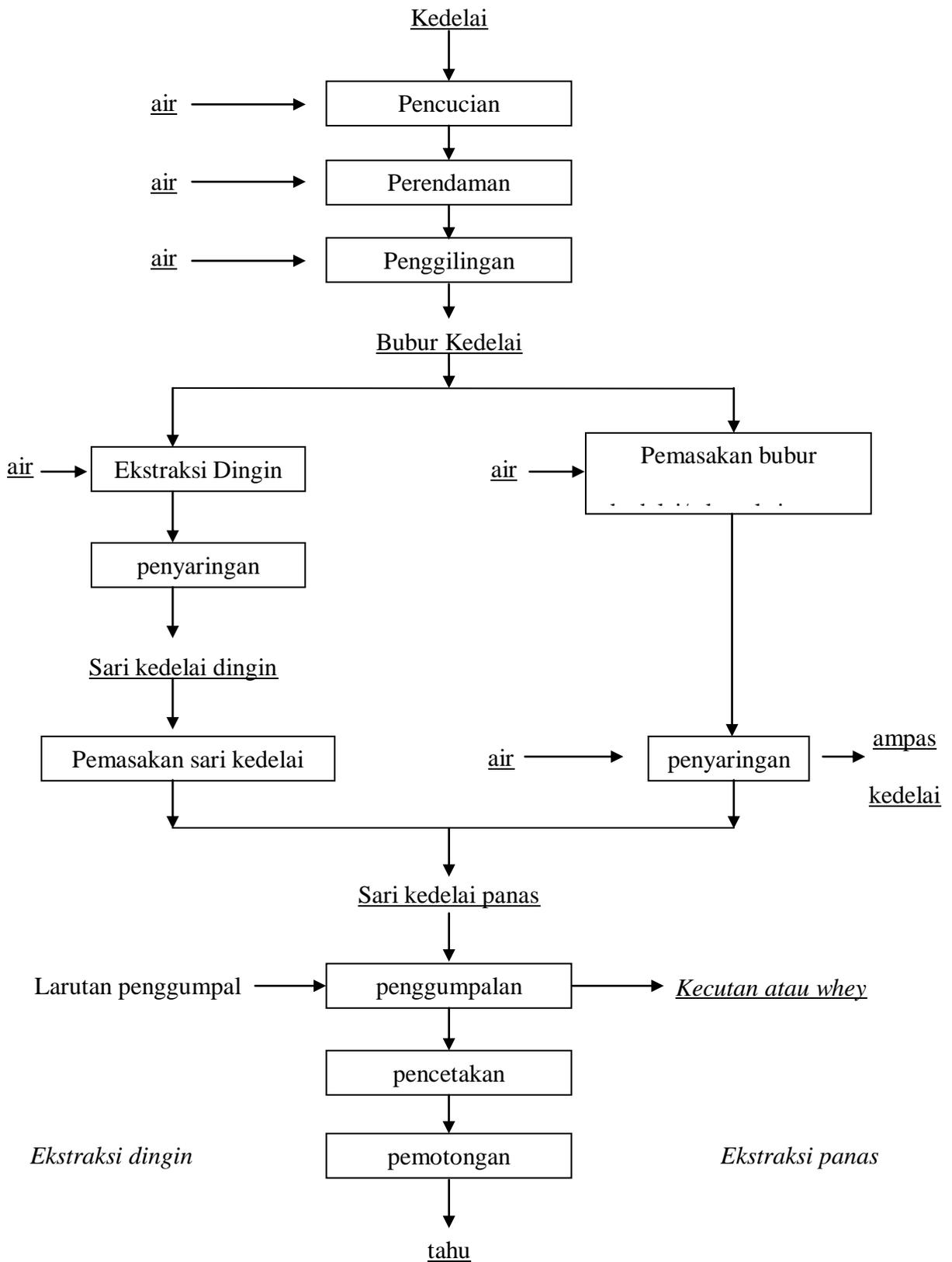
B. Proses Produksi Tahu

Proses pembuatan tahu secara tradisional pada umumnya diawali dengan proses perendaman, pencucian, dan penggilingan kedelai untuk mendapatkan bubur kedelai. Tahap selanjutnya adalah pemasakan bubur untuk mendapatkan ekstrak kedelai, penyaringan untuk memisahkan sari kedelai dengan padatan, dan penggumpalan sari kedelai dengan penambahan *kecutan*.

Pembuatan tahu dapat dilakukan dengan dua macam cara ekstraksi, yaitu ekstraksi panas dan ekstraksi dingin. Proses ekstraksi merupakan proses melarutkan komponen-komponen sari kedelai, terutama protein.

Proses ekstraksi panas dilakukan dengan cara pemasakan bubur kedelai, kemudian dilanjutkan dengan penyaringan untuk memisahkan sari kedelai dari padatannya. Proses ekstraksi panas ini umum dilakukan dalam pembuatan tahu tradisional. Berdasarkan penelitian, proses ekstraksi menggunakan suhu tinggi atau melalui proses pemasakan terlebih dahulu mampu meningkatkan kandungan tahu dan menghasilkan kadar protein yang tinggi.

Proses pembuatan tahu dengan ekstraksi dingin dilakukan melalui tahapan-tahapan : pencucian kedelai, perendaman, penggilingan dengan penambahan air, proses ekstraksi dalam mesin ekstraksi, dan penyaringan menggunakan mesin penyaring untuk mendapatkan sari kedelai. Proses berikutnya adalah pemasakan sari kedelai, dilanjutkan dengan penggumpalan, pencetakan, dan pemotongan. Tahu yang dibuat dengan ekstraksi dingin akan memiliki komposisi lemak lebih banyak dibandingkan dengan tahu yang dibuat dengan ekstraksi panas. Bagan alir proses pembuatan tahu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Proses Pembuatan Tahu
 (Sumber : Endang Sutriswati R, dkk. *Teknologi Proses Produksi Tahu* hal.22)

C. Karakteristik Air Limbah Tahu

Untuk limbah industri tahu ada 3 hal yang perlu diperhatikan, yakni karakteristik fisik, kimia, dan biologis. Dalam proses produksi industri tahu digunakan bahan baku yang berasal dari kacang kedelai sehingga limbahnya mengandung senyawa organik yang sangat tinggi. Dalam bahan organik pada prinsipnya mengandung senyawa organik yang berupa protein (40 – 60%), karbohidrat (25 – 50%) dan lemak (10%). Semakin banyak jumlah dan jenis bahan organik ini semakin menyulitkan pengolahan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tersebut.

Dalam keadaan segar air limbah tahu berwarna putih keruh kurang berbau dengan kondisi pH 5-6 dan biasanya setelah 24 jam mulai timbul bau asam yang menyengat dan pH akan turun menjadi sekitar 3,5 – 4,5 dan juga mengalami perubahan warna menjadi kuning kecoklatan.

Air limbah tahu juga mengandung kelompok mikroorganisme berupa bakteri patogen dan non patogen yang berasal dari tubuh manusia pekerja dalam proses pembuatan tahu.

Biasanya bau yang tercium dari limbah industri tahu berasal dari pembusukan zat organik oleh bakteri anaerobik. Selain itu ada mikroorganisme yang bisa merubah sulfat menjadi sulfit yang baunya seperti telur busuk. Sedangkan bau lainnya disebabkan oleh senyawa-senyawa yang dihasilkan selama berlangsungnya proses pengolahan air limbah. Suhu air limbah tahu akan meningkat setiap saat, hal ini dipengaruhi oleh proses pembuatan tahu dan aktivitas biologis selama proses dekomposisi.

D. Dampak Yang Ditimbulkan Air Limbah Tahu

Industri tahu merupakan industri dalam skala kecil yang tingkat ekonominya tergolong lemah sehingga kurang mampu untuk mengolah air limbahnya sampai memenuhi syarat. Air limbah yang langsung dibuang tanpa melalui proses pengolahan sebelumnya akan dapat mencemari lingkungan.

Bau air limbah dapat menunjukkan apakah suatu air limbah masih baru atau sudah mengalami pembusukan. Bau yang merangsang dapat menyebabkan lingkungan sekitar badan air menjadi kurang nyaman.

Sedangkan perubahan warna pada air limbah tahu menunjukkan bahwa kadar oksigen dalam genangan tersebut menjadi nol. Apabila dibiarkan, limbah kemungkinan dapat merembes dan mencemari air sumur yang ada di sekitar sumber sehingga menyebabkan sumur tidak dapat dimanfaatkan lagi.

E. Kajian Tentang Variabel Yang Diteliti

1. Tinjauan Tentang BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Kepekatan zat organik dalam air limbah biasanya dinyatakan dengan besarnya kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi senyawa-senyawa yang ada dalam air limbah. Parameter yang paling umum digunakan adalah BOD atau kebutuhan oksigen untuk mengurai zat organik selama 5 hari.

Kebutuhan BOD adalah ukuran kandungan bahan organik dalam limbah cair. Kebutuhan ini ditentukan dengan mengukur kebutuhan oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama satu periode tertentu, biasanya 5 hari, pada satu temperatur tertentu, umumnya 20⁰C (Suparman, dan Suparmin, 2001).

BOD adalah kebutuhan oksigen biologis untuk memecap bahan buangan dalam air limbah oleh mikroorganismenya (Wardhana, 2004).

Kenaikan temperatur atau suhu di dalam badan air, dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut air (DO). DO (*Dissolved Oksigen*) yang terlalu rendah dapat menimbulkan bau yang tidak sedap akibat terjadinya degradasi atau penguraian bahan-bahan organik ataupun anorganik di dalam air secara anaerobik. Selain itu dengan adanya kadar residu atau sisa yang tinggi di dalam air dapat menyebabkan rasa yang tidak enak, serta dapat mengganggu pencernaan makanan (Wardhana, 2001).

Kebutuhan oksigen biologis adalah analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

Alasan yang mendasar BOD dipakai sebagai parameter pencemaran adalah :

- a. BOD dipakai sebagai dasar untuk menentukan pencemaran dan pembenahan unit pengolahan air limbah pada umumnya dan kolam stabilisasi khususnya.
- b. BOD umumnya dipakai sebagai parameter pencemaran oleh air limbah industri dan domestik.

- c. BOD dipakai untuk menaksir beban pencemaran zat organik.
- d. BOD dipakai sebagai dasar penilaian efisiensi dasar pengolahan air limbah.

2. Kajian Tentang COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau kebutuhan kimiawi adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik secara luas sebagai suatu ukuran kekuatan pencemaran air limbah (Mulia, 2005)

Manfaat lain dari pengukuran COD adalah waktu yang sangat singkat dalam pemeriksaan kurang lebih 3 jam dibanding dengan pemeriksaan parameter BOD yang membutuhkan waktu 5 hari. Pengukuran COD tidak membedakan antara zat organik yang stabil dengan zat organik yang tidak stabil, karena itu pengukuran COD tidak dapat memberikan petunjuk tentang tingkat dimana bahan aktif secara biologis dapat diseimbangkan.

3. Kajian Tentang TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid adalah jumlah berat dalam mg/liter yang ada dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 *mikron* (Sugiharto, 2005).

Kusnopranto (1997) menyatakan bahwa parameter lain yang umum digunakan adalah padatan tersuspensi yang dinyatakan dalam mg per liter, dan bakteri Coli fecal (*Feacal Coliform*) yang dinyatakan jumlah setiap 100 ml. Zat padat tersuspensi merupakan partikel diskrit yang ada dalam air limbah atau efluent dalam keadaan tersuspensi dan berperan dalam kekeruhan.

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan dalam dua golongan besar, yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun inorganik tergantung dari mana sumber limbah.

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendah yang bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendah adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena gaya beratnya (Alaertz dan Santika 1987).

Apabila kadar padatan tersuspensi dalam air tinggi akan menyebabkan kekeruhan dalam air, dan selanjutnya terjadi proses sedimentasi kalau ternyata proses tersebut berlangsung secara terus menerus, maka terjadi pendangkalan tidak dapat terlihat.

4. Kajian Tentang Amoniak

Amoniak adalah senyawa yang tersusun dari nitrogen dan hidrogen dengan rumus NH_3 . Biasanya senyawa ini didapati berupa gas dengan bau tajam yang khas (disebut bau amonia). Walaupun amoniak memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amoniak sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan (Anonim, 2008).

Pada limbah yang tidak diolah, nitrogen dijumpai dalam bentuk nitrogen organik dan komponen amonium. Nitrogen organik tersebut akan diubah oleh aktivitas mikroba menjadi ion ammonium. Bila kondisi

lingkungan mendukung maka mikroba nitrifikasi akan mampu mengoksidasi amoniak. Mikroba tersebut bersifat autotropik yaitu mendapatkan energinya melalui proses oksidasi dari ion ammonium atau nitrit yang tersedia (Nining, 2008).

Kondisi amoniak yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut. Konsentrasi amoniak bebas dapat meningkat seiring dengan peningkatan pH dan pengaruh hambatannya pada bakteri nitrobacter lebih tinggi daripada penghambatannya untuk nitrosomonas. Amoniak bersifat larut dalam air dan amoniak dalam bentuk larutan dapat didesorpsi. Hanya amoniak dalam bentuk gas yang dapat didesorpsi yaitu dalam bentuk tidak terionisasi (NH_3).

Amoniak bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap biota dan toksisitas tersebut akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut. Biota laut khususnya ikan tidak dapat bertoleransi terhadap kadar amonia bebas yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan dapat menyebabkan sufokasi (kematian secara perlahan karena lemas). (Efendi, 2003).

Amoniak dibentuk dari dekomposisi asam amino atau ikatan organik oleh bakteri. Amoniak merupakan hasil penguraian (pembusukan) protein tanaman atau hewan, atau dalam kotorannya. Juga dapat terbentuk jika urea dan asam urik dalam urine terurai. Siklus nitrogen menunjukkan peran penting amoniak. Dalam bentuk amoniak masih sukar digunakan

oleh mikroorganisme. Bakteri tertentu mengubah amoniak menjadi nitrit, bakteri lain melanjutkan ke nitrat. Jika amoniak diubah menjadi nitrat oleh bakteri, maka akan terdapat nitrit dalam air. Hal ini terjadi jika air tidak mengalir, khususnya dibagian dasar (Nining, 2008).

F. Pengolahan Air Limbah Tahu Secara Biologi

Penanganan air limbah tahu sangat perlu dilakukan mengingat sebagian besar masih mengandung effluent dengan kualitas yang melebihi syarat baku mutu air limbah yang telah ditetapkan serta merugikan bagi lingkungan tempat pembuangannya. Berbagai sistem penanganan limbah telah diupayakan, tentu saja dengan segala kelebihan dan kekurangannya. Penanganan limbah dapat dilakukan secara fisika, kimia, biologis, maupun gabungan ketiganya (Endang Sutriswati Rahayu, dkk, 2012).

Di dalam air limbah tahu mengandung banyak polutan zat organik. Oleh karena itu, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut.

Menurut Siregar (2005) pengolahan secara biologis adalah langkah terpenting dalam pengolahan limbah. Unit proses biologi adalah proses-proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan aktivitas kehidupan mikroorganisme untuk memindahkan polutan.

Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan secara biologi dengan segala modifikasinya, salah satunya adalah dengan reaktor pengolahan secara biologi atau yang lebih dikenal dengan

nama Bioreaktor. Berdasarkan pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian substrat, bioreaktor dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu :

3. Bioreaktor pertumbuhan tersuspensi (*Suspended Growth Bioreactor*)
4. Bioreaktor pertumbuhan lekat (*Attached Growth Bioreactor*)

Di dalam bioreaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi dalam fasa cair, sedangkan bioreaktor pertumbuhan lekat adalah suatu bioreaktor lekat diam dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang di atas suatu media yang dapat terbuat dari plastik atau batu yang tercelup sebagian atau seluruhnya atau hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali) dengan membentuk suatu lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut, sehingga membentuk lapisan biofilm.

Bioreaktor dengan biakan melekat atau biofilter adalah reaktor yang dilengkapi dengan media (*support*) sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi 2 jenis :

5. Proses Aerob, yang berlangsung dengan adanya molekul oksigen terlarut.
6. Proses Anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

Penanganan secara aerobik biasa digunakan untuk pengolahan air limbah dengan BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan penanganan secara anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan BOD yang tinggi

karena penanganan secara anaerobik dapat merombak bahan-bahan organik limbah yang merupakan cemaran menjadi senyawa-senyawa yang stabil sehingga tidak mencemari lingkungan serta kualitas effluent yang dihasilkan tidak melebihi syarat baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh pemerintah.

G. Pengolahan Biologis Secara Anaerob

Proses biologi anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD₅ tinggi (KLH 2008). Proses pengolahan anaerobik efektif untuk mengolah air limbah dengan polutan yang konsentrasinya tinggi, pada umumnya air limbah yang diproses dengan pengolahan anaerobik dilanjutkan dengan pengolahan aerobik (Sunu, 2001). Beberapa jamur (fungi) dan protozoa dapat ditemukan dalam pengolahan anaerobik namun bakteri-bakteri tetap merupakan mikroorganisme yang paling dominan bekerja dalam proses anaerobik.

Menurut Vigneswaran, S. et al. 1986 dalam Ginting (2007) mengemukakan bahwa pengolahan dengan sistem anaerobik dilakukan pada kondisi tanpa kehadiran oksigen atau dengan kondisi oksigen dapat diabaikan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi penguraian secara anaerobik seperti temperatur, keasaman (pH), konsentrasi substrat dan zat beracun (Manurung, 2004).

1. Temperatur

Gas dapat dihasilkan jika suhu antara 4 – 60⁰C dan suhu dijaga konstan. Bakteri akan menghasilkan enzim yang lebih banyak pada temperatur optimum. Proses pembentukan metana bekerja pada rentang

temperatur 30 – 40⁰C, tetapi dapat juga terjadi pada temperatur rendah yaitu 4⁰C. Mikroorganisme yang berjenis termofilik lebih sensitif terhadap perubahan temperatur daripada jenis mesofilik

2. pH (Keasaman)

Rentan pH optimum untuk jenis penghasil metana antara 6,4 – 7,4. Bakteri yang tidak menghasilkan metana tidak begitu sensitif terhadap perubahan pH dan dapat bekerja pada pH antara 5 – 8,5.

Proses anaerobik terdiri dari 2 tahap yaitu tahap pembentukan asam dan tahap pembentukan metana. Tahap pembentukan asam akan menurunkan pH awal dan jika penurunannya cukup besar akan menghambat aktivitas mikroorganisme penghasil metana. Untuk meningkatkan pH dapat dilakukan dengan penambahan kapur tohor.

3. Zat Beracun

Zat toksik kadang-kadang dapat menyebabkan kegagalan pada proses penguraian limbah dalam proses anaerobik. Terhambatnya pertumbuhan bakteri metanogen pada umumnya ditandai dengan penurunan produksi metan dan meningkatnya konsentrasi asam-asam volatil (Ineza dan Said, 2002).

Keunggulan penggunaan proses anaerob adalah :

7. Proses anaerob menghasilkan lebih sedikit lumpur (3 – 20 kali lebih sedikit daripada proses aerob).
8. Konsumsi energi lebih kecil karena tidak menggunakan aerator.
9. Lahan yang diperlukan lebih kecil.

10. Proses anaerobik dapat segera menggunakan CO₂ yang ada sebagai penerima elektron.
11. Penguraian anaerobik cocok untuk limbah industri dengan konsentrasi polutan organik yang tinggi.
12. Memungkinkan untuk diterapkan pada proses penguraian limbah dalam jumlah yang besar.

Kelemahan pengolahan secara anaerob, yaitu : lebih lambat dari proses aerob, membutuhkan waktu yang lama, operasional relatif lebih sulit dan air hasil olahan tidak sebaik sistem aerobik karena secara visual berwarna kehitaman dan masih berbau.

H. Pengolahan Biologis Secara Aerob

Metode aerobik adalah metode dengan menggunakan bakteri aerob yang dapat berfungsi secara optimal bila tersedia udara sebagai sumber kehidupan. Fungsi udara adalah untuk menyediakan oksigen bagi kehidupan bakteri. Oleh karena itu, oksigen dapat disediakan dengan cara membiarkan limbah dalam wadah secara terbuka agar dapat kontak antara udara dengan permukaan limbah (Ginting, 2007).

Proses biologis aerob biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD₅ yang tidak terlalu besar. Dalam proses pengolahan air limbah organik secara biologis aerobik, senyawa kompleks organik akan terurai oleh aktivitas mikroorganisme aerob. Mikroorganisme aerob tersebut dalam aktivitasnya memerlukan oksigen atau udara untuk memecah senyawa

organik kompleks menjadi CO₂ (Karbon Dioksida) dan air serta Amonium, selanjutnya amonium akan diubah menjadi nitrat.

Pengolahan aerobik akan berlangsung jika oksigen tersedia dengan cukup yang pada dasarnya terdapat 2 sistem seperti :

1. Sistem Penyebaran Organisme Dalam Air Limbah

Pada dasarnya sistem ini adalah proses lumpur aktif, proses kolam oksidasi jenis penjemuran dan proses kolam oksidasi biologi.

2. Sistem Pengaturan Mikroorganisme Pada Sebuah Lapisan Dasar

Sistem ini memiliki organisme yang menempel pada zat dan pada saat mengolah air melalui kontak dengan air limbah yang biasanya disebut Metode *Biofilm* atau Biofilter.

Proses *biofilm* merupakan proses untuk menjernihkan air dengan membiarkan mikroorganisme yang menempel di potongan lumut pada permukaan beberapa bahan dasar, kemudian menghubungkannya dengan air tercemar. Proses *biofilm* ini mempunyai karakteristik yaitu operasi ini relatif lebih sederhana dan mudah karena tidak ada pembesaran lumpur dan jumlah kelebihan generasi lumpur relatif kecil (Nasruddin, 2007).

Menurut Ineza dan Said (2002) beberapa faktor yang mempengaruhi mekanisme proses aerob, yaitu :

13. Temperatur

Temperatur optimum untuk mikroorganisme dalam proses aerob tidak berbeda dengan proses anaerob. Temperatur bukan hanya mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi

juga mempengaruhi beberapa faktor antara lain kecepatan transfer gas, dan karakteristik pengendapan lumpur.

14. Keasaman (pH)

Temperatur optimum untuk mikroorganisme dalam proses aerob tidak berbeda dengan proses anaerob. Temperatur bukan hanya mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi juga mempengaruhi beberapa faktor antara lain kecepatan transfer gas, dan karakteristik pengendapan lumpur.

15. Waktu Tinggal

Waktu tinggal adalah waktu perjalanan limbah cair di dalam reaktor atau lamanya proses pengolahan limbah cair tersebut. Semakin lama waktu tinggal maka penyisihan yang terjadi akan semakin besar

16. Nutrient

Mikroorganisme membutuhkan nutrient untuk sintesa sel dan pertumbuhan.

Keunggulan proses Aerob adalah sebagai berikut :

- Proses aerob dapat digunakan untuk kapasitas besar dan kecil.
- Proses aerob digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi BOD₅ dan COD rendah.

Kelemahan proses aerob yaitu :

- Proses aerob membutuhkan bantuan aerator untuk sirkulasi oksigen
- Lumpur yang dihasilkan lebih banyak.

I. Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Lekat (*Attached Growth Bioreaktor*) atau Biofilter.

Bioreaktor lekat adalah suatu bioreaktor diam dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang di atas suatu media yang dapat terbuat dari plastik atau batu. Air buangan melalui media plastik dengan membentuk suatu lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media, sehingga membentuk lapisan *biofilm* (Said, 1999). Secara garis besar proses biofilter dapat dilakukan dalam kondisi anaerobik, aerobik, atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Media plastik baik digunakan dalam proses aerob maupun anaerob (Siregar, 2005).

Media biofilter berfungsi sebagai tempat tumbuh dan menempel mikroorganisme untuk mendapatkan unsur-unsur kehidupan yang dibutuhkannya, seperti nutrient dan oksigen. Hal penting yang harus diperhatikan adalah luas permukaan dari media. Untuk mendapatkan permukaan media yang luas media plastik dapat dimodifikasi dalam berbagai bentuk seperti bergelombang, saling silang, dan sarang tawon (Said, 1999).

Efisiensi biofilter bergantung pada luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya maka efisiensi penyisihan konsentrasi zat organiknya (BOD_5) makin besar (Said, 1999).

Dalam pengolahan limbah dengan sistem biofilter, berbagai jenis media telah digunakan antara lain zeolit, karbon aktif, batuan, keramik debu vulkanik dan media plastik. Beberapa bentuk media telah dikembangkan untuk mengatasi kekurangan media batuan dengan meningkatkan permukaan spesifik yang tinggi yang berhubungan dengan tingginya persentase ruang

kosong. Kondisi ini akan membuat pertumbuhan biologi tanpa mencegah aliran udara sampai ke dasar media. Media yang seragam membuat distribusi beban menjadi merata dan media yang ringan memudahkan kontraksi lebih dalam dengan kemampuan mengatasi limbah yang lebih kuat dan pekat.

Salah satu media biofilter plastik yang banyak digunakan adalah media berbentuk sarang tawon dari bahan plastik PVC. Media ini mempunyai luas spesifik paling tinggi dibanding media lain, yaitu $150 - 140 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Herlambang (2002) telah meneliti pengaruh pemakaian biofilter plastik struktur sarang tawon pada pengolahan limbah organik sistem kombinasi anaerobik-aerobik. Reaktor berskala laboratorium terdiri atas 2 reaktor seri dengan volume total 280 lt. media yang digunakan adalah media sintetik plastik struktur sarang tawon dengan luas permukaan $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan kapasitas maksimum 300 lt/jam. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa pemakaian media biofilter telah meningkatkan efisiensi pengolahan limbah organik dibanding pengolahan tanpa biofilter. Peningkatan efisiensi terbukti dari peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan dari 61 – 81% menjadi 73 – 87%, padatan terlarut dari 75 – 86% menjadi 82 – 95%, padatan tersuspensi dari 50 – 76% menjadi 56 – 94%, residu terlarut total dari 60 – 82% menjadi 68 – 89%. pH air hasil olahan tidak terlalu berbeda dari pengolah tanpa biofilter, sedangkan oksigen terlarut cukup tinggi dan efisiensi penyisihan BOD_5 dapat ditingkatkan dari 80% menjadi 90%. Efisiensi penyisihan COD juga dapat ditingkatkan sekitar 15%.

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan proses Biofilter (Said, 2000) antara lain :

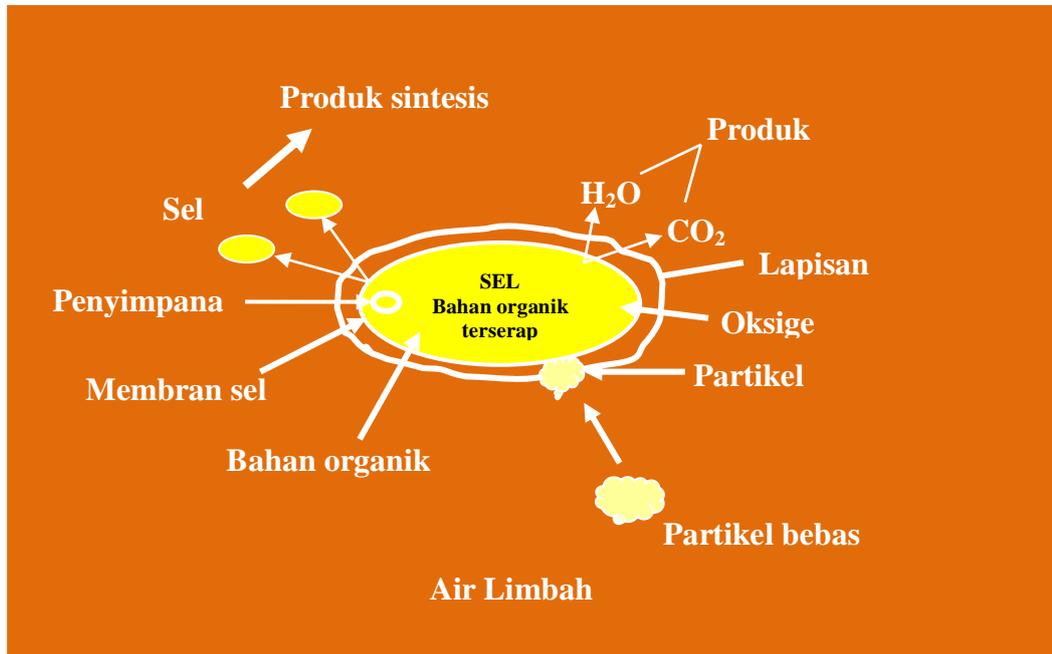
17. Pengoperasian mudah
18. Lumpur yang dihasilkan sedikit
19. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun konsentrasi tinggi
20. Suplai udara untuk aerasi relatif kecil.

J. Proses Penguraian Bahan Organik Oleh Bakteri

Mekanisme penghilangan bahan organik dalam air limbah berlangsung melalui tiga proses (Gambar 2), yaitu :

1. Transfer

Proses ini merupakan suatu usaha bakteri untuk mengubah bahan organik karbon di air limbah menjadi karbondioksida, air, amonia, dan energi (proses katabolisme). Bahan organik terlarut (dari jenis *biodegradable*) akan langsung terserap ke dalam sel bakteri melalui dinding sel atau membran bakteri (proses absorpsi). Jika bahan organik di perairan dalam bentuk partikulat atau suspensi koloid maka pengambilan bahan organik oleh bakteri berlangsung secara adsorpsi, yaitu lewat proses penempelan bahan organik di permukaan dinding sel bakteri.



Gambar 2. Mekanisme penghilangan BOD (BOD *removal*)

2. Konversi

Proses ini merupakan kelanjutan dari proses transfer. Pada proses ini, energi yang dihasilkan oleh bakteri dari proses transfer akan digunakan untuk membentuk sel-sel baru/berkembang biak (proses anabolisme).

3. Flokulasi

Proses ini menggambarkan bahwa jika bakteri telah kenyang dan aktivitasnya menurun maka mereka akan tenggelam pada kondisi air yang tenang. Dalam instalasi pengolahan air limbah kejadian ini berlangsung dalam bak pengendap.

Menurut Frank R. Spellman dalam bukunya (*Water and Wastewater Treatment Plant Operations*), untuk menghitung kehilangan bahan organik pada air limbah dalam mg/l dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$OR \text{ (mg/l)} = In - Out \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

OR (mg/l) = kehilangan bahan organik dalam mg/l

In = parameter limbah sebelum diolah (mg/l)

Out = parameter limbah setelah diolah (mg/l)

Selanjutnya untuk menghitung kehilangan bahan organik per hari dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$OR \text{ (lb/day)} = OR \text{ (mg/l)} \times GD \times 8,34 \text{ lb/gal} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

OR (lb/hari) = selisih influen dengan effluent

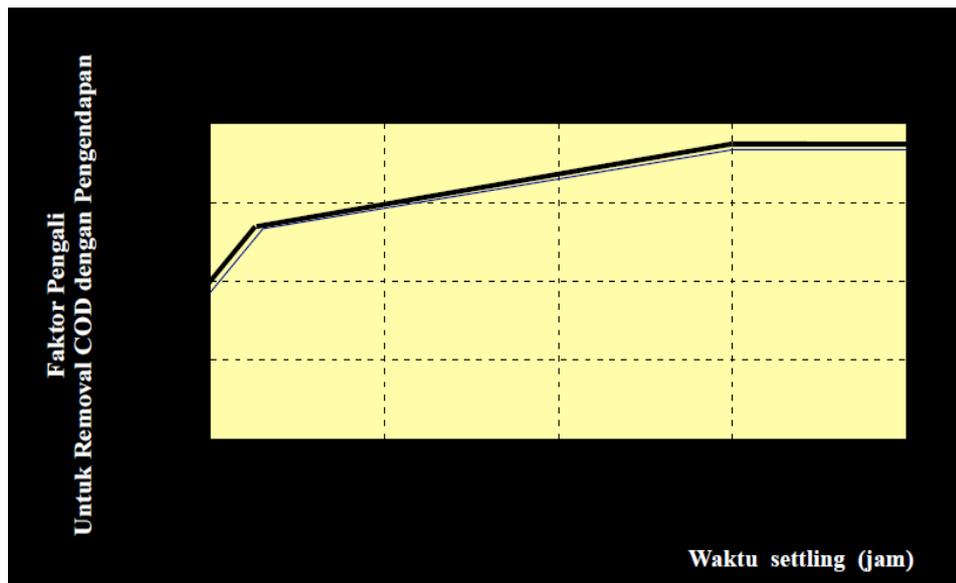
GD = volume efektif bak penampungan dalam galon/hari

K. Perhitungan Perkiraan Kualitas COD dan BOD Effluen

Dalam pengolahan air limbah khususnya yang menggunakan proses anaerobik filter, kualitas COD dan BOD effluen dari air limbah dapat diperkirakan berdasarkan dari kualitas influen air limbah tersebut.

Biasanya sebelum air limbah dialirkan ke anaerobik filter, air limbah diendapkan terlebih dahulu (septic tank, imhoff tank) atau yang biasa kita kenal dengan istilah proses sedimentasi/pengendapan (*pre treatment*). Oleh karena sistem anaerobik filter memiliki resiko *blocking* yang tinggi maka biasanya sistem ini digunakan sebagai *secondary treatment*.

Setling time (waktu pengendapan) sangat mempengaruhi penurunan COD pada efluen karena adanya pengendapan padatan organik. Hubungan antara *setling time* dengan pengurangan COD dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Empiris Hubungan antara waktu setling dengan pengurangan COD

Berdasarkan grafik di atas, maka dapat ditentukan faktor pengali yang digunakan untuk menghitung COD removal dengan rumus sebagai berikut :

$$COD\ removal\ (\%) = [(rasio\ SS\ terendap/COD) : 0,6 \times faktor\ pengali] \times 100\% \dots (3)$$

dimana :

COD removal (%) = persentase COD removal

rasio SS terendap/COD = 0,42

Setelah memperoleh persentase COD removal, dapat diketahui COD efluen dengan menggunakan rumus :

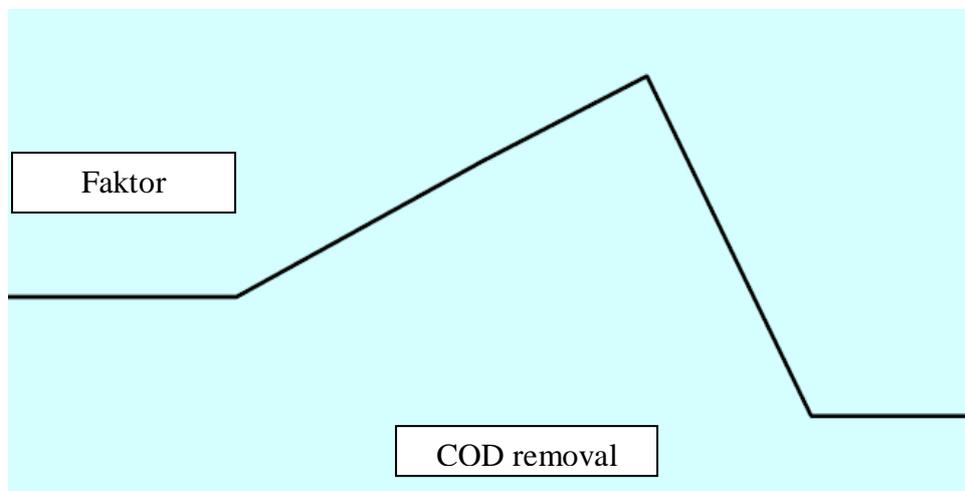
$$COD_{efluen}(mg/l) = \frac{100 - COD\ removal}{100} \% \times COD\ influen \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

$COD_{efluen}(mg/l)$ = kandungan COD yang keluar dari septic tank

$COD\ removal\ (\%)$ = persentase COD removal pada septic tank

Setelah memperoleh kandungan COD yang keluar dari proses pengolahan, maka selanjutnya adalah pengurangan BOD dengan menggunakan faktor pengali berdasarkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Empiris Hubungan antara COD Removal (%) dengan Faktor Pengali

Penghitungan BOD removal dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$BOD\ removal\ (\%) = faktor\ pengali \times COD\ removal.....(5)$$

dimana :

$BOD\ removal\ (\%)$ = persentase BOD removal

$COD\ removal\ (\%)$ = persentase COD removal

Sedangkan untuk menghitung BOD efluen dalam mg/l dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BOD_{efluen}(mg/l) = \frac{100 - BOD\ removal}{100} \% \times BOD\ influen \dots \dots \dots (6)$$

dimana :

BOD efluen(mg/l) = kandungan **BOD** yang keluar

BOD removal (%) = persentase BOD removal

Perhitungan kualitas COD dan BOD efluen menggunakan rumus di atas merupakan angka kisaran rata-rata kadar BOD dan COD setelah pengolahan dan bukan merupakan nilai mutlak (Herman, 2011).

L. Perhitungan Kadar BOD, dan TSS Effluen Pada Air Limbah Industri Tahu Berdasarkan Rumus

1. BOD Effluen

Vesi dan NRC memperkenalkan rumus:

$$\frac{1}{\theta_c} = Q \cdot \frac{Y(S_0 - S)}{V \cdot X} - k_d$$

Dengan:

S₀ = Kadar influen (mg/l)

S = Kadar efluen (mg/l)

Q = debit masuk (m³/menit)

V = Volume filter (m³)

Dengan menggunakan rumus persamaan di atas dapat diketahui kadar efluen dari sistem pengolahan limbah yang digunakan pada Industri Tahu.

2. TSS Effluen

$$\theta_c = \frac{\text{massa padatan tersuspensi di reaktor}}{\text{massa padatan tersuspensi dibuang}} = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_u}$$

Dengan menggunakan rumus persamaan di atas kita juga dapat mengetahui kadar TSS effluen dari sistem pengolahan limbah yang digunakan pada Industri Tahu.

M. Penyisihan Zat Pencemar

Perhitungan penyisihan zat pencemar dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{[C]_{in} - [C]_{ef}}{[C]_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

dimana :

η (%) = persentase penyisihan

$[C]_{in}$ = konsentrasi zat pencemar pada influen

$[C]_{ef}$ = konsentrasi zat pencemar pada efluen

Perhitungan penyisihan zat pencemar didasarkan atas perbandingan pengurangan konsentrasi zat pencemar pada titik influen dan efluen terhadap konsentrasi zat pencemar pada titik influen (Said, 2002).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen yang dilanjutkan dengan analisis sampel di Laboratorium untuk mengetahui kemampuan pengolahan limbah tahu menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat secara Anaerob-Aerob terhadap penyisihan kadar BOD, COD, TSS, serta Amonia pada efluent air limbah tahu di Pabrik Tahu Trisanjaya.

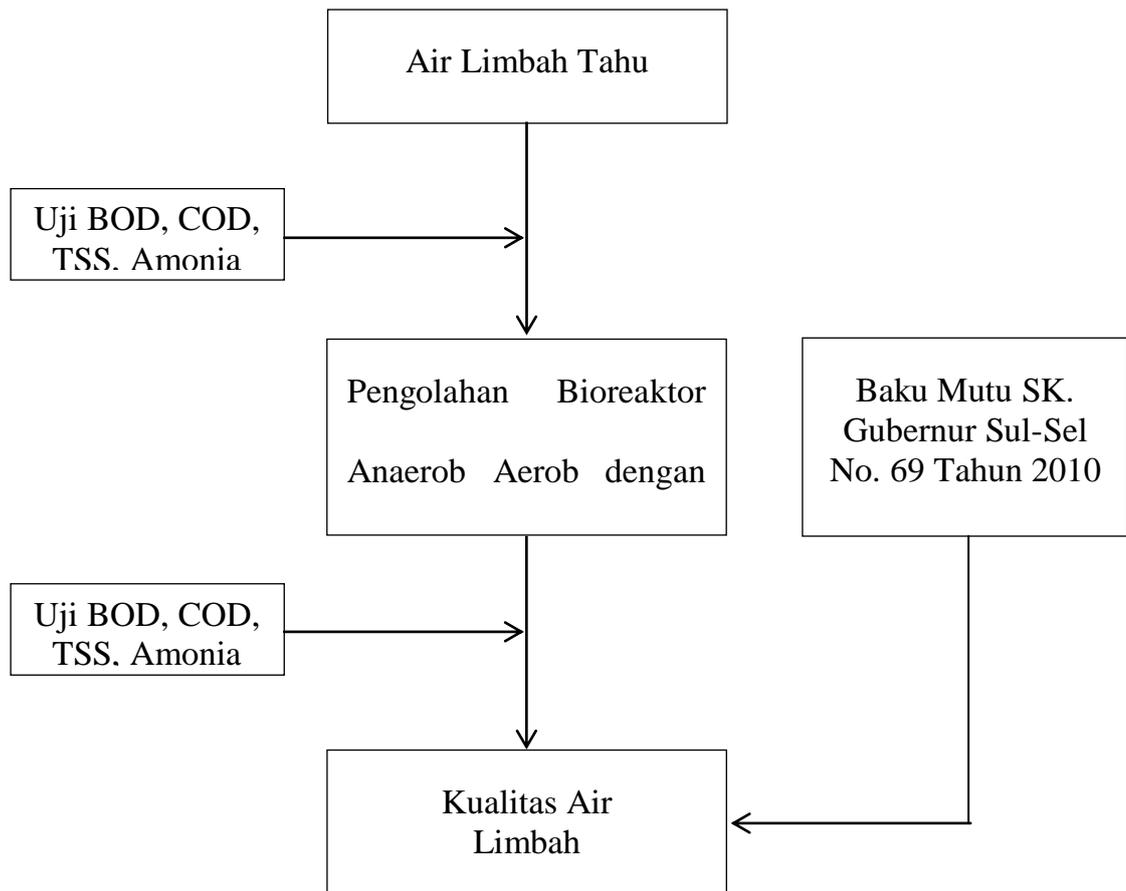
B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan mulai bulan Juni sampai Agustus 2013. Lokasi pengambilan sampel terletak di Jln. Baji Nyawa No.23 Makassar, dengan alasan industri tahu tersebut masih membuang air limbah ke badan air tanpa pengolahan dan industri ini terletak di tengah-tengah pemukiman padat. Pabrik ini memproduksi tahu ± 250 kg/hari dan menghasilkan limbah cair ± 40 m³/hari.

Persiapan pembuatan alat pengolahan dan perlakuan limbah tahu dilaksanakan di Kampus Politeknik Kesehatan Makassar Jurusan Kesehatan Lingkungan. Untuk pemeriksaan sampel sebelum dan setelah pengolahan dilakukan di Laboratorium Politeknik Kesehatan Makassar Jurusan Kesehatan Lingkungan.

C. Kerangka Pikir

Skema penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada kerangka pikir sebagaimana yang dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 5. Skema Kerangka Pikir Penelitian

D. Populasi Dan Sampel

4. Populasi

Yang menjadi populasi dalam penelitian ini adalah semua air limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu Trisanjaya.

5. Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian dari populasi. Sedangkan metode pengambilan sampel adalah secara Grap Sampel (contoh sesaat) yang diambil pada outlet Pabrik Tahu Trisanjaya.

E. Alat Dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam, yaitu alat dan bahan yang digunakan di lapangan sebagai eksperimen yaitu bak Bioreaktor dan yang digunakan di Laboratorium untuk analisis kualitas air limbah yaitu pemeriksaan BOD, COD, TSS, dan Amonia.

1. Alat dan Bahan untuk Bioreaktor :

Penelitian yang dilakukan dalam skala laboratorium ini menggunakan reaktor dengan volume efektif 108 liter yang terdiri atas 5 kompartemen yaitu pengendapan awal, anaerob I, anaerob II, aerob, dan pengendapan akhir. Untuk spesifikasi teknis dari bioreaktor dapat dilihat pada Tabel 1.

a. Alat

- | | |
|-----------------|------------------|
| - Meteran | - Kaca 5 mm |
| - Ember | - Keran 0,5 inci |
| - Balok Kayu | - Gergaji |
| - Pipa bentuk T | - Pipa bentuk L |

b. Bahan

- Air Limbah Tahu
- Lem Pipa/Lem Kaca

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Bioreaktor kombinasi Anaerob-Aerob

Spesifikasi	Keterangan					
Volume	[2 x (15 x 40 x 40)] + [3 x (20 x 40 x 40)] + 10 x 40 x 40 = 160 liter					
Jenis	Anaerob dan Aerob					
Media	<i>Bioball</i> atau bola filter (porositas 88 %)					
Aerasi	1 buah					
Ukuran Efektif	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Volume (liter)	Jumlah
Pengendap Awal	40	15	33	19800	19,8	1
Anaerob 1 Atas	40	20	27	21600	21,6	1
Anaerob 1 Bawah	40	20	6	4800	4,8	1
Anaerob 2 Atas	40	20	25	21600	21,6	1
Anaerob 2 bawah	40	20	6	4800	4,8	1
Aerob Samping	40	10	35	14000	14	1
Aerob bermedia	40	20	33	26400	26,4	1
Pengendap Akhir	40	15	28	16800	16,8	1



Gambar 6. Alat dan Bahan yang digunakan untuk pembuatan reaktor.

2. Alat dan Bahan di Laboratorium

a. Alat

- Pemeriksaan BOD : botol winkler, inkubator, buret, gelas ukur, pipet, dan erlenmeyer.
- Pemeriksaan COD : reaktor COD, tabung COD, pipet volum, dan spektrofotometer.
- Pemeriksaan TSS : Spektrofotometer.
- Pemeriksaan Amonia : spektrofotometer, tabung reaksi, rak tabung, pipet skala 1 ml, pipet skala 10 ml, labu ukur 500 ml, corong, erlenmeyer 100 ml, karet bulb.
- Alat sampling : water sampler, ember, gayung, jerigen, dan botol sampel.

b. Bahan

- Pemeriksaan BOD : larutan mangan sulfat, larutan alkali-iodida azida, larutan asam sulfat pekat, larutan natrium tiosulfat 0,025 N dan indikator amilum 0,5 %, larutan pengencer.
- Pemeriksaan COD : Larutan campuran kalium dikromat – merkuri sulfat, campuran perak sulfat-asam sulfat, dan larutan standar kalium hidrogen ftalat.
- Pemeriksaan TSS : air suling.
- Pemeriksaan Amonia : larutan fenol, larutan natrium nitroprusside larutan hipoklorit 5%, natrium sitrat, natrium hidroksida, kertas saring Whatman no. 42, akuades.
- Bahan media filter : *bioball* berdiameter 3,4 cm.
- Bahan kimia pengawet sampel : asam sulfat pekat (H_2SO_4).

F. Teknik Pengumpulan Data

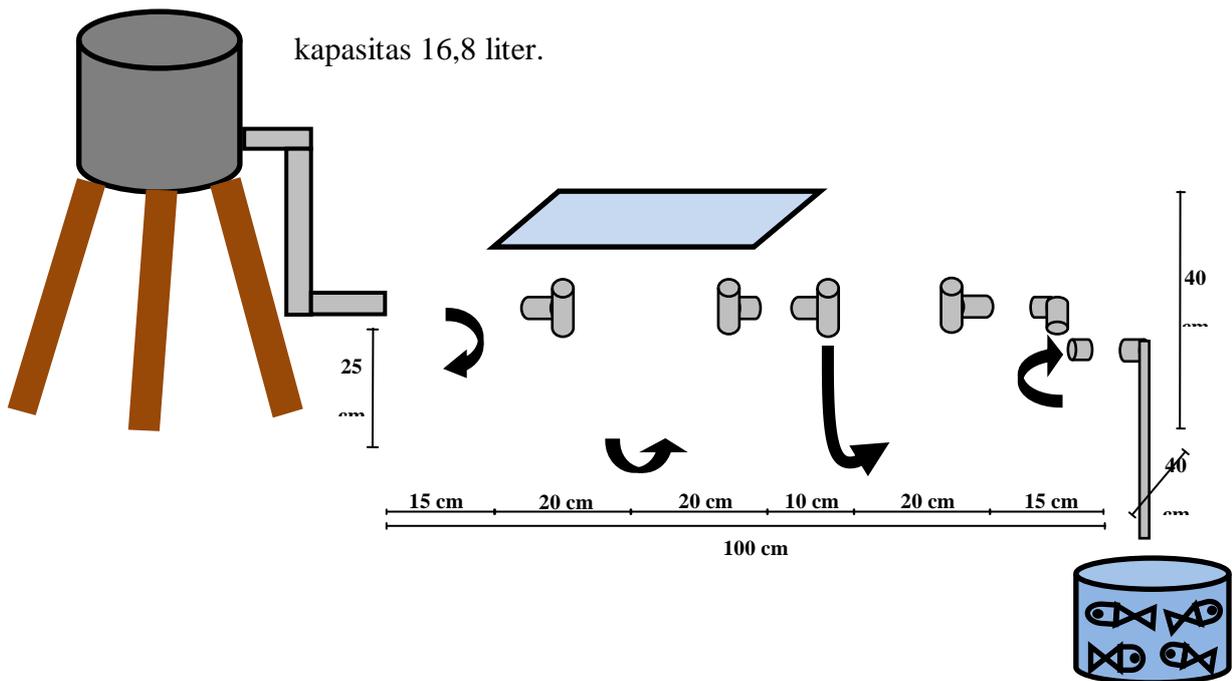
1. Cara Pengumpulan Data

- Data Primer, diperoleh melalui pemeriksaan kadar BOD, COD, TSS, Amonia sebelum dan sesudah perlakuan di Laboratorium Politeknik Kesehatan Makassar.
- Data Sekunder, diperoleh melalui penelusuran kepustakaan berupa referensi hasil penelitian sebelumnya serta laporan-laporan pemeriksaan kadar BOD, COD, TSS, Amonia.

2. Tahap Persiapan Perencanaan Bak Pengolahan

Reaktor air limbah terbuat dari kaca dengan ketebalan 5 mm. Reaktor pengolahan terdiri dari 5 kompartemen dengan volum efektif 108 liter (Gambar 5) yang terdiri atas :

- Bak penampungan air limbah sebelum proses pengolahan dengan kapasitas 40 liter.
- Kompartemen I merupakan reaktor pengendapan awal dengan kapasitas 19,8 liter
- Kompartemen II dan III merupakan reaktor pengolahan anaerob terdiri dari 2 reaktor dengan kapasitas masing-masing 23,8 liter
- Kompartemen IV merupakan reaktor pengolahan aerob terdiri dari 1 bak dengan kapasitas 23,8 liter
- Kompartemen V merupakan reaktor pengendapan akhir dengan kapasitas 16,8 liter.



Gambar 7. Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Bioreaktor Anaerob Aerob

3. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Wadah diisi dengan media filter dari *bioball* yang berdiameter 3,4 cm, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pengolahan anaerob dan aerobyang berjumlah 575 biji/bak. Uji coba alat dilakukan menggunakan air bersih untuk mencari kebocoran.

Air limbah dialirkan ke reaktor anaerob dan aerob selama 2 minggu. Hal ini untuk memberikan waktu bagi pertumbuhan mikroba pada media sehingga membentuk lapisan biologis (biofilm).

Setelah 2 minggu masa pertumbuhan mikroorganisme, proses pengolahan limbah dengan waktu tinggal 2 hari dimulai dari hari ke 14 sampai hari ke 34. Proses pengolahan ini diulang sebanyak 3 kali dengan pengambilan sampel setiap 2 hari sampai hari ke 6. Pada hari ke 14 dilakukan pengaturan kecepatan aliran dengan waktu tinggal 2 hari yaitu 2,25 liter/jam atau sama dengan 40 ml/menit. Pengambilan sampel percobaan pertama untuk menentukan tingkat penyisihan kadar BOD, COD, TSS, dan Amonia dilakukan setiap 2 hari waktu operasi yang dimulai dari hari ke 16 sampai hari ke 20. Kemudian pengambilan sampel untuk percobaan kedua dimulai pada hari ke 21 sampai hari ke 27 dan percobaan ketiga dimulai pada hari ke 28 sampai hari ke 34. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata dari ketiga percobaan yang dilakukan dan juga untuk memperoleh data yang lebih akurat.

4. Analisis Laboratorium

Sampel air limbah sebelum dan setelah proses pengolahan dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan konsentrasi BOD, COD, TSS, dan Amonia yng terdapat dalam air limbah tahu.

a. Pemeriksaan BOD

- Sampel dimasukkan ke dalam botol Winkler sampai penuh, hati-hati agar tidak sampai terjadi gelembung udara.
- Sampel kemudian ditambahkan 1 mL MnSO_4 dan 1 mL alkali-iodida azida.
- Lalu botol winkler segera ditutup dan dihomogenkan dengan membolak-balikkan botol hingga terbentuk gumpalan sempurna.
- Setelah itu sampel dibiarkan mengendap 5 sampai 10 menit hingga membentuk endapan sempurna.
- Kemudian ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 1 mL lalu botol ditutup dan dihomogenkan sampai endapan larut sempurna.
- Setelah itu sampel dipipet sebanyak 50 mL untuk dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan Natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,025 N sampai berwarna kuning muda.
- Lalu ditambahkan amilum sebanyak 1 mL ke dalam larutan sehingga berubah warna menjadi biru tua dan dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warna menjadi bening, catat jumlah titrasi yng digunakan.

- Sampel yang diinkubasi selama 5 hari dengan suhu 20 derajat celcius dianalisis dengan cara yang sama seperti di atas.
- BOD dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DO \text{ (mg/l)} = \frac{V \times N \times 8000}{50} \dots\dots\dots(2)$$

$$BOD = DO_0 - DO_5 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

DO : jumlah oksigen terlarut

V : mL Na₂S₂O₃

N : Normalitas Na₂S₂O₃

DO₀ : Kadar DO mg/L nol hari

DO₅ : Kadar DO mg/L lima hari

b. Pemeriksaan COD

- Sampel sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam tabung COD dilanjutkan dengan penambahan 1,5 mL larutan campuran K₂Cr₂O₇ – HgSO₄
- Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur 150⁰C selama 2 jam.
- Setelah pemanasan 2 jam, tabung COD didinginkan sampai temperatur kamar kemudian sampel diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600nm.

c. Pemeriksaan TSS

- Program 630 dimasukkan kemudian menekan enter.

- Panjang gelombang diatur pada 810 nm.
- Sampel sebanyak 500 ml diblender dengan kecepatan tinggi selama 2 menit, selanjutnya dipindahkan ke gelas kimia 600 ml.
- Kuvet diisi dengan aquades sebagai blanko dan sampel masing-masing sebanyak 25 ml.
- Blanko ditempatkan pada spektrofotometer dan ditekan Zero kemudian dilanjutkan pengukuran sampel dengan menekan Read. Konsentrasi sampel akan terbaca dalam satuan mg/l.

d. Pemeriksaan Amonia

- Saring sebanyak 25-50 ml air sample dengan kertas saring Whatman No. 42 atau yang setara (jangan menggunakan "Vacuum pump, agar tidak ada ammonia yang hilang)
- Pipet 25 ml air sample yang telah disaring, masukkan ke dalam botol sampel.
- Tambahkan 1 ml larutan phenol dan 1 ml larutan Natrium nitroprusside, aduk.
- Tambahkan 1 ml laruta phenol dan 1 ml larutan atrim nitroprusside, aduk.
- Tambahkan 2,0 ml lartan pengoksid Ammonia (campuran dari Nahypoklorit dan Na-Citrat 1:4) aduk. Biarkan 30 menit, agar terjadi reaksi yang sempurna.
- Buat larutan blanko dari 25 ml akuades. Lakukan prosedur 3 & 4.

- Buat satu seri larutan standar Ammonia dengan konsentrasi (ppm).
Lakukan prosedur 2, 3 & 4
- Ukur air sampel dan standar dengan spektrofometer, pada panjang gelombang 560 nm. (Gunakan aquades untuk set alat pada 'Absorbance' = 0,000 kemudian ukur sample dan larutan standar.
- Untuk menentukan konsentrasi ammonia, buat grafik atau persamaan regresi ($Y = A + B \cdot x$) dari larutan standar. Sumbu x sebagai konsentrasi (ppm) ammonia dan sumbu Y sebagai nilai absorbance' (A) atau 'transmittance' (T). Nilai A atau T air sample diplotkan pada grafik atau disubstitusikan dalam persamaan regresi, sehingga diperoleh kadar Ammonia di perairan.

G. Definisi Operasional

1. Pengolahan air limbah tahu dengan bioreaktor biakan melekat menggunakan bioball adalah pengolahan secara biologis yang terdiri dari satu bak penampungan air limbah, satu reaktor pengendapan awal, dua reaktor anaerob, satu reaktor aerob, satu reaktor pengendapan akhir, serta satu bak yang berfungsi sebagai bak indikator, dimana kecepatan aliran diatur untuk waktu tinggal 2 hari (48 jam).
2. Bioreaktor biakan melekat dengan media bioball dianggap efektif apabila air hasil pengolahan mengalami penurunan hingga 50% dari air limbah awal serta memenuhi persyaratan baku mutu air limbah untuk industri tahu.

3. Penyisihan kadar BOD, COD, TSS, dan Amonia air imbah industri tahu diketahui dari selisih kadar BOD, COD, TSS, dan Amonia sebelum dan sesudah pengolahan kemudian dikali 100%.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Air Limbah dan Bioreaktor

1. Kondisi Air Limbah Tahu

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada air limbah tahu mulai dari tanggal 28 Juni – 2 Agustus 2013 yang berasal dari industri tahu Trisanjaya di Jln. Baji Nyawa No. 23 Makassar, diketahui bahwa air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke badan air yang berada di dekat produksi tahu tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu sehingga dapat mengakibatkan penurunan kualitas air di sekitar pabrik.



Gambar 8. Kondisi Pabrik Tahu Trisanjaya



Gambar 9. Outlet pembuangan limbah cair pabrik

Kondisi awal air limbah tahu dari pabrik Trisanjaya sebelum proses pengolahan yang diperiksa di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Air Limbah Tahu Sebelum Proses Pengolahan

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu SK.Gub.Sul-Sel No.69 Tahun 2010
1.	BOD	mg/L	770	150
2.	COD	mg/L	909,44	300
3.	TSS	mg/L	381	200
4.	Amonia	mg/L	4,5	-

(Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Poltekkes Makassar, 2013)

Berdasarkan hasil pemeriksaan sampel awal air limbah tahu untuk konsentrasi parameter BOD, COD, serta TSS terdeteksi melampaui Baku Mutu Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan No.69 Tahun 2010 (dilampirkan) sehingga dapat memberikan gambaran bahwa air limbah tahu memiliki kadar pencemar tinggi yang dapat merusak lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu.

2. Gambaran Umum Bioreaktor

Pengolahan ini menggunakan bioreaktor yang terdiri dari 5 reaktor dengan volume efektif 108 liter. Dengan menentukan waktu tinggal 2 hari maka kecepatan aliran yang digunakan adalah 2,25 l/jam atau 40 ml/menit.

Proses pengolahan air limbah dimulai dengan proses penumbuhan mikroorganisme selama 14 hari. Kondisi fisik dari bioreaktor, media dan air limbah pada 7 hari pertama masa penumbuhan biofilm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Fisik Bioreaktor, Media, dan Air Limbah pada 7 hari pertama Masa Penumbuhan Biofilm.

Waktu (hari)	Reaktor dan Media	Air Limbah
1	Bersih	Keruh, berbau busuk, berbuih
2	Muncul gumpalan lemak berwarna putih di bagian atas media	Keruh, berbau busuk, buih bertambah
3	Muncul endapan di dasar reaktor	Berbau busuk dan buih berkurang
4	Endapan bertambah, media mulai berwarna keabu-abuan	Berbau busuk, buih berkurang
5	Endapan bertambah, media berwarna keabu-abuan	Mulai jernih, berbau busuk, buih berkurang
6	Media makin kelabu dan licin	Jernih dan bau berkurang
7	Media kelabu dan licin	Jernih dan bau berkurang

Pada hari pertama masa penumbuhan mikroorganisme, secara fisik diamati pada bak anaerob masih belum tampak adanya lapisan biofilm di permukaan *bioball*, hal ini menunjukkan bahwa pada hari pertama belum ada mikroorganisme yang tumbuh. Begitu juga pada bak aerob belum terlihat adanya lapisan biofilm yang terbentuk serta pada bak ini timbul buih yang cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa penguraian senyawa organik belum berjalan dengan baik karena mikroorganisme masih beradaptasi dengan lingkungan yang baru.

Pada hari ketiga buih pada bak aerob mulai berkurang dan endapan mulai terbentuk pada masing-masing bak. Sedangkan biofilm mulai terlihat secara fisik pada hari keempat. Untuk menyempurnakan

pembentukan biofilm, proses pertumbuhan dilakukan selama 2 minggu. Ini dimaksudkan agar mikroba telah tumbuh dengan sempurna sehingga dapat mengolah serta mendegradasi air limbah tahu yang akan dimasukkan ke dalam bioreaktor.

Setelah 2 minggu proses penumbuhan mikroorganisme, proses pengolahan dimulai pada hari 14 dengan mengalirkan air limbah secara kontinyu pada bioreaktor sampai hari 34 dengan waktu tinggal 2 hari.



Gambar 10. Dokumentasi alat Bioreaktor Biakan Melekat

B. Analisis Hasil Penelitian

Di bawah ini adalah hasil pengamatan dan analisis laboratorium terhadap parameter BOD, COD, TSS, dan Amonia :

1. Biological Oxygen Demand (BOD)

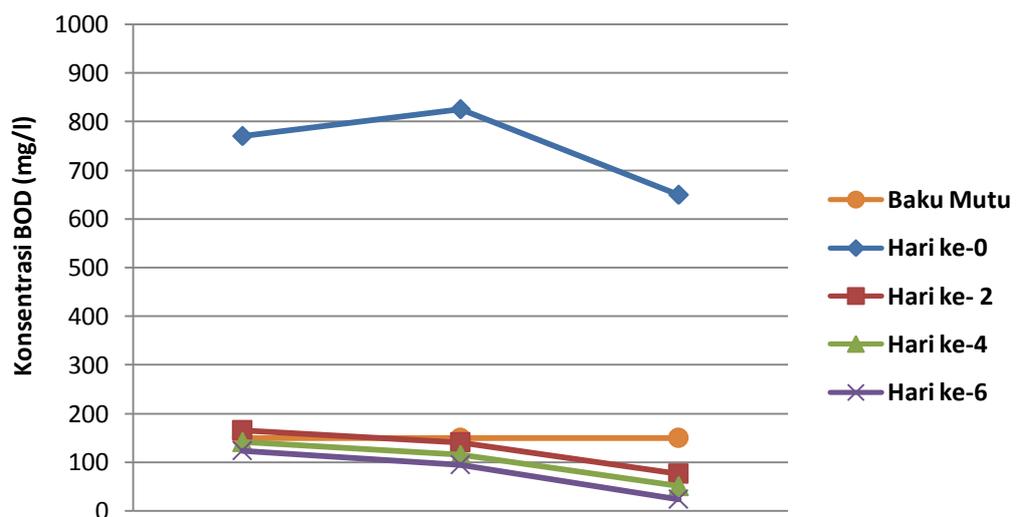
Hasil analisis sampel air limbah dan air hasil olahan dengan waktu tinggal tiga hari ditampilkan pada tabel 4 dan gambar 9.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa BOD air limbah tahu sebelum pengolahan berfluktuasi dari nilai terendah pada percobaan III 650 mg/l sampai konsentrasi tertinggi 825 mg/l pada percobaan II. Ini menunjukkan bahwa tingkat produksi tahu berbeda-beda tiap hari.

Tabel 4. Konsentrasi BOD Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Perc.	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi BOD		Selisih	η (%)
			Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	14	0	770	-	-	-
	16	2	770	165	505	65,58
	18	4	770	142	528	68,57
	20	6	770	123	577	74,94
II	21	0	825	-	-	-
	23	2	825	140	685	83,03
	25	4	825	116	709	85,94
	27	6	825	94	731	88,61
III	28	0	650	-	-	-
	30	2	650	76	574	88,31
	32	4	650	51	599	92,15
	34	6	650	24	626	96,31

(Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium Poltekkes Makassar, 2013)



Gambar 11. Konsentrasi BOD Sebelum Dan Sesudah Pengolahan

Baku Mutu yang ditetapkan pada SK Gubernur Sul-Sel No.69 Thn 2010 untuk parameter BOD pada industri tahu adalah 150 mg/l. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa air hasil olahan memenuhi standar mulai dari hari ke-4 pada percobaan 1 yaitu 142 mg/l, lalu pada percobaan II dan III memenuhi standar mulai pada hari ke-2.

Pada air hasil olahan, konsentrasi BOD mengalami penurunan secara beraturan yaitu mulai dari 165 mg/l sampai pada konsentrasi BOD yang paling rendah yaitu 24 mg/l. Persentase penyisihan (η) BOD sempat mengalami penurunan dari 88,61% pada hari ke-27 atau hari ke-6 percobaan II menjadi 88,31% pada hari ke-30 atau hari ke-2 percobaan III. Namun secara keseluruhan penyisihan terus meningkat hingga mencapai 96,31% pada hari terakhir operasi.

2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Analisa konsentrasi BOD pada sampel air limbah tahu dan air hasil olahan dengan waktu tinggal 3 hari yang dioperasikan mulai pada hari ke-21 ditampilkan pada tabel 5 dan gambar 10.

Konsentrasi COD biasanya sekitar dua kali lebih besar dari konsentrasi BOD. Ini dikarenakan senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimiawi lebih besar dibandingkan dengan oksidasi secara biologis.

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa COD air limbah tahu sebelum pengolahan mencapai lebih dari tiga kali lipat Baku Mutu yang ditetapkan. Untuk konsentrasi COD air hasil olahan secara keseluruhan mengalami penurunan secara beraturan dari 350 mg/l sampai 93 mg/l.

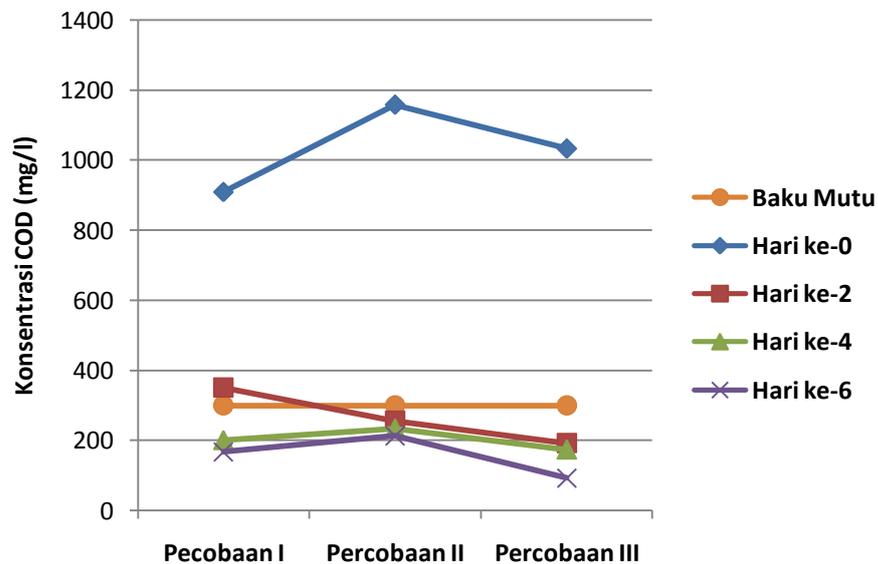
Dari tabel di atas terlihat bahwa air limbah sebelum pengolahan beragam mulai dari nilai terendah yaitu 909,44 mg/l pada percobaan I hingga nilai tertinggi yaitu 1157,80 mg/l pada percobaan III.

Tabel 5. Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Perc.	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi COD		Selisih	η (%)
			Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	14	0	909,44	-	-	-
	16	2	909,44	350	559,44	61,51
	18	4	909,44	201	708,44	77,89
	20	6	909,44	168	741,44	81,53
II	21	0	1157,80			
	23	2	1157,80	255	902,80	77,98
	25	4	1157,80	234	923,80	79,79
	27	6	1157,80	213	944,80	81,60
III	28	0	1032,97			
	30	2	1032,97	192	840,97	81,41
	32	4	1032,97	174	858,97	83,16

	34	6	1032,97	93	939,97	91
--	----	---	---------	----	--------	----

(Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium Poltekkes Makassar, 2013)



Gambar 12. Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa air hasil olahan memenuhi standar Baku Mutu yang ditetapkan yaitu 300 mg/l mulai pada hari ke-18 atau hari ke-4 untuk percobaan I yaitu 201 mg/l. Persentase penyisihan (η) COD juga mengalami peningkatan mulai dari 61,51% hingga nilai tertinggi yaitu mencapai 91% sehingga secara mutlak COD yang disisihkan meningkat.

3. Total Suspended Solid (TSS)

Hasil analisis konsentrasi TSS air limbah tahu sebelum dan sesudah pengolahan serta persentase penyisihan TSS ditampilkan pada tabel 6 dan gambar 11.

Tabel 6. Konsetrasi TSS Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Perc.	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi TSS		Selisih	η (%)
			Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	14	0	381	-	-	-
	16	2	381	216	165	43,31
	18	4	381	180	201	52,76
	20	6	381	144	237	62,20
II	21	0	407	-	-	-
	23	2	407	189	218	53,56
	25	4	407	132	275	67,57
	27	6	407	74	333	81,82
III	28	0	362	-	-	-
	30	2	362	108	254	70,17
	32	4	362	76	286	79,01
	34	6	362	28	353	92,65

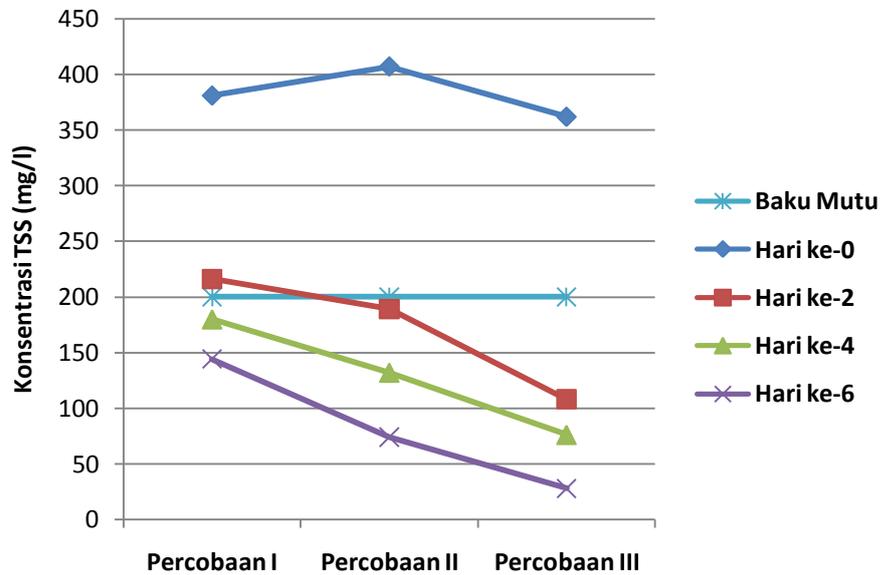
(Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium Poltekkes Makassar, 2013)

Dari Tabel di atas terlihat bahwa TSS air limbah tahu mencapai 407 mg/l sedangkan baku mutu industri tahu adalah 200 mg/l.

Pada air hasil olahan, konsentrasi TSS mengalami penurunan yaitu mulai dari 216 mg/l hingga konsentrasi terendah yaitu 28 mg/l sedangkan untuk persentase penyisihan TSS mengalami peningkatan hingga 92,65%.

Jika dikaitkan dengan Baku Mutu yang ditetapkan untuk parameter TSS limbah industri tahu yaitu 200 mg/l, maka dari hasil penelitian dapat

dilihat bahwa air hasil olahan memenuhi standar pada hari ke-4 percobaan I atau pada waktu operasi ke-18 yaitu 180 mg/l.



Gambar 13. Konsentrasi TSS Sebelum Dan Sesudah Pengolahan

4. Amonia

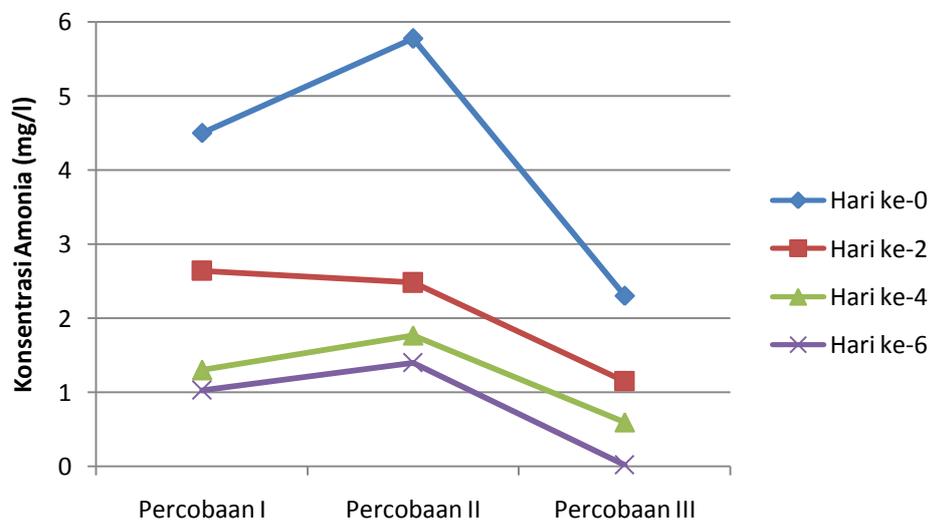
Analisa konsentrasi Amonia air limbah tahu sebelum dan sesudah pengolahan serta persentase penyisihan TSS ditampilkan pada tabel 7 dan gambar 12.

Dari Tabel 7 terlihat bahwa Amonia air limbah tahu sebelum pengolahan juga berfluktuasi mencapai nilai tertinggi yaitu 5,77 mg/l sedangkan pada air hasil olahan, konsentrasi Amonia mengalami penurunan hingga mencapai 0,02 mg/l atau dengan persentase penyisihan kadar Amonia hingga 99,13%.

Tabel 7. Konsetrasi Amonia Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Perc.	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi Amonia		Selisih	η (%)
			Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	14	0	4,5	-	-	-
	16	2	4,5	2,64	1,86	41,33
	18	4	4,5	1,3	3,2	71,11
	20	6	4,5	1,03	3,47	77,11
	21	0	5,77	-	-	-
II	23	2	5,77	2,48	3,29	57,02
	25	4	5,77	1,77	4	69,32
	27	6	5,77	1,4	4,37	75,74
	28	0	2,3	-	-	-
III	30	2	2,3	1,15	1,15	50
	32	4	2,3	0,6	1,7	73,91
	34	6	2,3	0,02	2,28	99,13

(Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium Poltekkes Makassar, 2013)



Gambar 14. Konsentrasi Amonia Sebelum Dan Sesudah Pengolahan

Untuk parameter Amonia tidak dipersyaratkan pada Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu menurut SK.Gubernur Sul-Sel No.69 Thn 2010, tetapi hasil penelitian menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat mendapatkan kadar Amonia mencapai 0,02 mg/l pada hari terakhir operasi. Ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan menggunakan Bioreaktor sangat efektif dalam menurunkan kadar Amonia yang terkandung dalam air limbah industri tahu.

5. Analisis Hasil Perhitungan *Organic Removed* (BOD, COD, TSS, Amonia) Dengan Menggunakan Bioreaktor

Seperti yang kita ketahui, lingkungan memiliki sifat *self purification* atau kemampuan untuk membersihkan dirinya sendiri. Tetapi kemampuan ini memiliki batas maksimumnya yang menyebabkan jika pencemaran terjadi pada badan air, maka badan air tersebut tidak akan mampu atau membutuhkan waktu yang lama untuk membersihkan dirinya sendiri.

Oleh karena itu sekarang telah banyak berkembang proses pengolahan air limbah salah satunya dengan menggunakan bioreaktor biakan melekat secara anaerob aerob. Pengolahan ini bertujuan untuk meminimalkan kadar pencemar yang terkandung di dalam air limbah agar pada saat dilepaskan pada badan air tidak melampaui batas maksimum yang dapat diolah sendiri oleh lingkungan sehingga tingkat pencemaran yang terjadi dapat diminimalkan.

Menurut Siregar (2005) dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah, dalam waktu 5 hari oksidasi organik karbon akan mencapai 60%-70% dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. Ini menunjukkan bahwa proses oksidasi yang terjadi dalam air limbah tanpa pengolahan (alami) berjalan sangat lambat dan secara teoritis memerlukan waktu yang tak terbatas.

Sayang idunk disisi lain, industri tahu yang menjadi objek penelitian ini melakukan proses produksi setiap hari. Ini menyebabkan bertumpuknya senyawa-senyawa polutan dalam badan air pada kadar pencemar yang tinggi.

Dibawah ini adalah nilai *BOD* ,*COD*, *TSS*, dan *Amonia removed* dari hasil penelitian dengan 3 kali percobaan.

Tabel 8. Nilai BOD Removed

Perc.	Waktu Tinggal	Konsentrasi BOD		Selisih	BOD removed (lb/day)
		Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	0	770	-	-	-
	2	770	165	505	0,120
	4	770	142	528	0,125
	6	770	123	577	0,137
II	0	825	-	-	-
	2	825	140	685	0,162
	4	825	116	709	0,168
	6	825	94	731	0,173
III	0	650	-	-	-
	2	650	76	574	0,136

	4	650	51	599	0,142
	6	650	24	626	0,148

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2013)

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *BOD removed* pada penelitian ini terus meningkat sampai hari terakhir penelitian pada setiap percobaan sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan menggunakan metode ini efektif digunakan untuk mengolah air limbah industri tahu. Pada percobaan 1 *BOD removed* tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 0,137 lb/day, pada percobaan 2 *BOD removed* tertinggi juga terjadi pada hari ke 6 yakni sebesar 0,173 lb/day, dan pada percobaan ke-3 sebesar 0,148 lb/day yang terjadi pada hari ke 6.

Tabel 9. Nilai COD Removed

Perc.	Waktu Tinggal	Konsentrasi COD		Selisih	COD removed (lb/day)
		Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	0	909,44	-	-	-
	2	909,44	350	559,44	0,133
	4	909,44	201	708,44	0,168
	6	909,44	168	741,44	0,176
II	0	1157,80	-	-	-
	2	1157,80	255	902,80	0,214
	4	1157,80	234	923,80	0,220
	6	1157,80	213	944,80	0,224
III	0	1032,97	-	-	-
	2	1032,97	192	840,97	0,199

	4	1032,97	174	858,97	0,204
	6	1032,97	93	939,97	0,223

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2013)

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *COD removed* pada penelitian ini terus meningkat dari hari pertama sampai hari terakhir penelitian sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan menggunakan metode ini efektif digunakan untuk mengolah air limbah industri tahu. Pada percobaan 1 *COD removed* tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 0,176 lb/day, pada percobaan 2 *COD removed* tertinggi juga terjadi pada hari ke 6 yakni sebesar 0,224 lb/day, dan pada percobaan ke-3 sebesar 0,223 lb/day yang terjadi pada hari ke 6.

Tabel 10. Nilai TSS Removed

Perc.	Waktu Tinggal	Konsentrasi TSS		Selisih	TSS removed (lb/day)
		Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	0	381	-	-	-
	2	381	216	165	0,039
	4	381	180	201	0,047

	6	381	144	237	0,056
II	0	407	-	-	-
	2	407	189	218	0,518
	4	407	132	275	0,065
	6	407	74	333	0,079
III	0	362	-	-	-
	2	362	108	254	0,060
	4	362	76	286	0,068
	6	362	28	353	0,084

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2013)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa *TSS removed* pada penelitian ini bervariasi dari percobaan 1 hingga percobaan 3, tetapi secara keseluruhan *TSS removed* terus meningkat dari hari pertama sampai hari terakhir penelitian sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan menggunakan bioreaktor anaerob-aerob mampu meningkatkan *TSS removed* air limbah industri tahu. Pada percobaan 1 *TSS removed* tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 0,056 lb/day, pada percobaan 2 *TSS removed* tertinggi juga terjadi pada hari ke 6 yakni sebesar 0,079 lb/day, dan pada percobaan ke-3 sebesar 0,084 lb/day yang terjadi pada hari ke 6.

Tabel 11. Amonia Removed

Perc.	Waktu Tinggal	Konsentrasi Amonia		Selisih	Amonia Removed (lb/day)
		Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
I	0	4,5	-	-	-
	2	4,5	2,64	1,86	$4,42 \times 10^{-4}$
	4	4,5	1,3	3,2	$7,61 \times 10^{-4}$
	6	4,5	1,03	3,47	$8,25 \times 10^{-4}$
II	0	5,77	-	-	-
	2	5,77	2,48	3,29	$7,82 \times 10^{-4}$
	4	5,77	1,77	4	$9,51 \times 10^{-4}$
	6	5,77	1,4	4,37	$10,39 \times 10^{-4}$
III	0	2,3	-	-	-
	2	2,3	1,15	1,15	$2,73 \times 10^{-4}$
	4	2,3	0,6	1,7	$4,04 \times 10^{-4}$
	6	2,3	0,02	2,28	$5,42 \times 10^{-4}$

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2013)

Dari tabel 11 terlihat bahwa *amonias removed* pada penelitian ini juga meningkat dari hari pertama sampai hari terakhir penelitian, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam pengolahan dengan menggunakan metode bioreaktor biakan melekat ini efektif untuk mengolah air limbah industri tahu. Pada percobaan 1 *amonias removed* tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar $8,25 \times 10^{-4}$ lb/day, pada percobaan 2 *amonias removed* tertinggi juga terjadi pada hari ke 6 yakni sebesar $10,39 \times 10^{-4}$ lb/day, dan pada percobaan ke-3 sebesar $5,42 \times 10^{-4}$ lb/day yang terjadi pada hari ke 6.

C. Perhitungan Kadar BOD dan TSS Effluen Pada Pengolahan Air Limbah

Berdasarkan Rumus

Berdasarkan rumus (7) yang telah dipaparkan pada bab 2 tentang perhitungan kadar effluen BOD, dan TSS pada pengolahan air limbah industri tahu dipaparkan dibawah ini.

Dengan mengetahui konsentrasi BOD sebelum pengolahan (S_0) = 0,77 kg/m³, Q = 8,1 m³/hari, θ_c = 5 hari, sedangkan Y = 0,5 kg/kg, k_d = 7,4/hari, MLSS = 3000 mg/l, maka BOD effluent teoritis dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\frac{1}{\theta_c} = Q \cdot \frac{Y(S_0 - S)}{V \cdot X} - k_d$$

$$\frac{1}{5 \text{ hari}} = \frac{8,1 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,5(0,77 \text{ kg/m}^3 - S)}{0,108 \text{ m}^3 \cdot 3,0 \text{ kg/m}^3} - 0,05 \text{ d}^{-1}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{8,1 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,385 \text{ kg/m}^3 - 0,5S}{0,324 \text{ kg/m}^3} - 0,05 \text{ d}^{-1}$$

$$S = 0,168 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ mg/l}$$

Untuk TSS :

$$\theta_c = \frac{\text{massa padatan tersuspensi di reaktor}}{\text{massa padatan tersuspensi dibuang}} = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_u}$$

$$Q_w \cdot X_u = \frac{V \cdot X}{\theta_c} = \frac{0,108 \text{ m}^3 \cdot 3,0 \text{ kg/m}^3}{5 \text{ hari}}$$

$$Q_w \cdot X_u = 0,0684$$

Jika Konsentrasi Padatan Tersuspensi awal = 381 mg/l

$$Q_w = \frac{0,0684}{0,381} = 0,179 \text{ kg/m}^3 = 179 \text{ mg/l}$$

Dibawah ini merupakan hasil perhitungan kadar effluen air limbah tahu berdasarkan rumus yang ditampilkan dalam bentuk tabel.

1. BOD Effluen Berdasarkan Rumus

Tabel 12. BOD Effluen Berdasarkan Rumus

Percobaan	BOD Influen (mg/l)	BOD Effluen (mg/l)	BOD Effluen Teoritis (mg/l)
I	770	143,33	168
II	825	116,66	181
III	650	50,33	143

(Sumber : Berdasarkan Pemeriksaan Laboratorium dan Perhitungan Rumus)

Dari tabel di atas, terlihat bahwa BOD Effluen berdasarkan rumus lebih tinggi dibandingkan dengan BOD Effluen yang melalui pengolahan, pada percobaan I BOD influen sebesar 770 mg/l, BOD effluen dengan percobaan sebesar 143,33 mg/l, sedangkan pada perhitungan BOD effluen secara teoritis hanya 168 mg/l. untuk percobaan II BOD influen sebesar 825 mg/l, BOD Effluen mencapai 116,66 mg/l, sedangkan BOD effluen secara teoritis hanya mengalami penurunan hingga 181 mg/l. untuk percobaan III BOD influen sebesar 650 mg/l, BOD effluen mengalami

penurunan sampai 50m33 mg/l, sedangkan pada BOD effluen secara teoritis sebesar 143 mg/l.

2. TSS Effluen Berdasarkan Rumus

Tabel 13. TSS Effluen Berdasarkan Rumus

Percobaan	TSS Influen (mg/l)	TSS Effluen (mg/l)	TSS Effluen Teoritis (mg/l)
I	381	150,31	170
II	407	131,66	179,08
III	362	70,66	158,29

(Sumber : Berdasarkan Pemeriksaan Laboratorium dan Perhitungan Rumus)

Dari tabel di atas, terlihat bahwa TSS Effluen berdasarkan rumus lebih tinggi dibandingkan dengan TSS Effluen yang melalui pengolahan, pada percobaan I TSS influen sebesar 381 mg/l, TSS effluen dengan percobaan sebesar 180 mg/l, sedangkan pada perhitungan TSS effluen secara teoritis hanya 170 mg/l. untuk percobaan II TSS influen sebesar 407 mg/l, TSS Effluen mencapai 131,66 mg/l, sedangkan TSS effluen secara teoritis hanya mengalami penurunan hingga 179,08 mg/l. untuk percobaan

III TSS influen sebesar 362 mg/l, TSS effluen mengalami penurunan sampai 70,66 mg/l, sedangkan pada TSS effluen secara teoritis sebesar 158,29 mg/l.

D. Pembahasan

1. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroba untuk menguraikan atau mengoksidasi senyawa organik yang terlarut dan senyawa yang tersuspensi. BOD ditentukan dengan mengukur jumlah oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama 1 periode tertentu (5 hari).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan bioreaktor anaerob aerob bermedia bioball yang berdiameter 3,4 cm dengan laju alir 0,04 liter per jam, dan waktu tinggal 2 hari, kadar BOD air limbah tahu dapat diturunkan hingga mencapai 24 mg/l. Konsentrasi BOD sebelum pengolahan berfluktuasi mulai dari 650 mg/l hingga 825 mg/l.

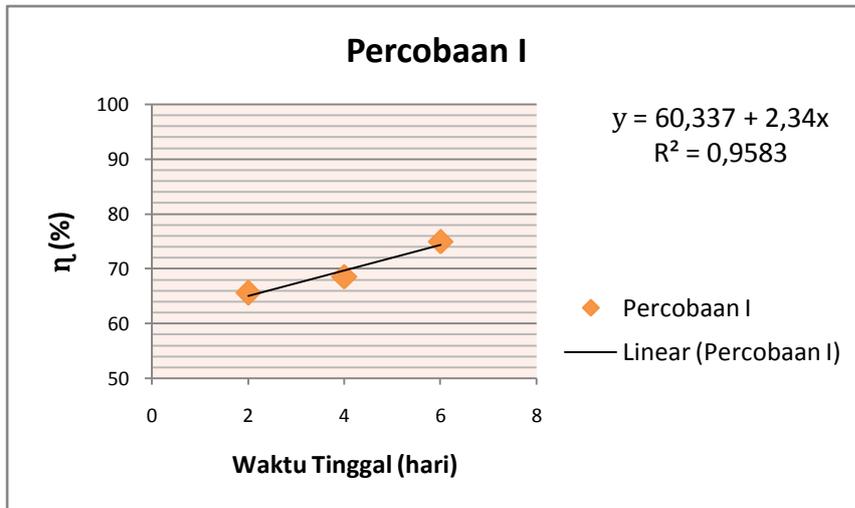
Kadar BOD yang tinggi pada air limbah tahu menunjukkan indikasi adanya penurunan kadar oksigen terlarut akibat tingginya konsentrasi oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah atau mendegradasi zat organik terlarut dalam limbah tersebut. Hal ini juga

menyebabkan mikroorganisme anaerob akan semakin aktif mengoksidasi bahan-bahan organik, akibatnya bakteri aerob akan mati karena kekurangan oksigen dan sebaliknya mikroba anaerob menjadi semakin dominan sehingga badan air akan berbau busuk dan kehidupan di air akan terganggu.

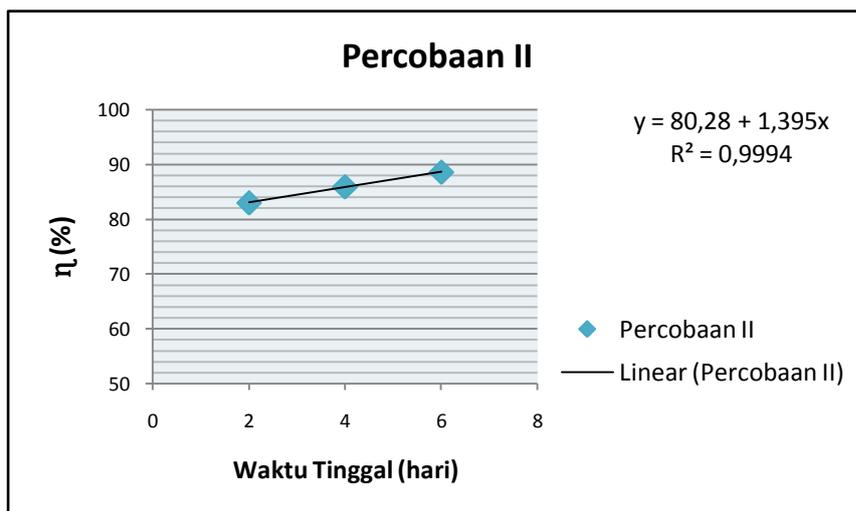
Pada awal operasi muncul banyak buih di bak aerob, hal ini menunjukkan bahwa penguraian senyawa limbah tahu belum berjalan secara baik. Setelah proses berjalan sekitar 1 minggu mikroorganisme sudah mulai tumbuh di permukaan media. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Herlambang (2002) bahwa setelah beberapa hari, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal

Menurut Naskah Filailah (2008), mikroorganisme yang tumbuh dominan pada media plastik adalah *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas Pseudoalcaligenes* dan *Peinococcus radiopugnes*.

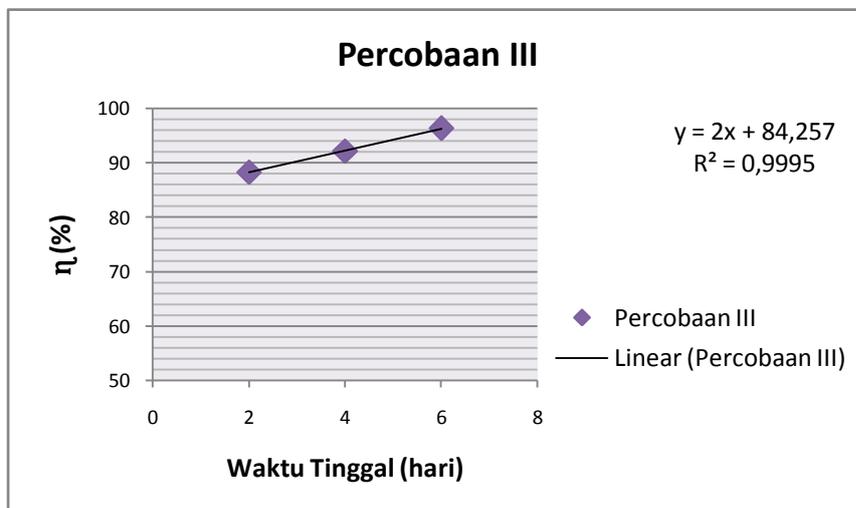
Untuk mengetahui persentase penyisihan kadar BOD pada air limbah tahu dengan waktu tinggal 2 hari dapat dilihat pada gambar 15, 16 dan 17 (data pada tabel 4). Persentase penyisihan BOD meningkat sampai 96,31% pada percobaan III. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jumardi (2007) menggunakan batu pecah pada pengolahan limbah tahuyang mencapai penurunan kadar BOD 81,26%. Selama proses pengolahan endapan pada reaktor pengendapan awal dan akhir meningkat.



Gambar 15. Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan I



Gambar 16. Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan II



Gambar 17. Persentase Penyisihan BOD pada Percobaan III

Penyisihan kadar BOD yang semakin meningkat mulai dari percobaan I hingga percobaan III juga menunjukkan bahwa semakin lama media berkontak dengan air limbah maka mikroorganisme yang menempel akan semakin stabil untuk menguraikan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah.

Penurunan kadar BOD dimulai dari bak penampung karena adanya pengendapan partikel-partikel zat organik yang tersuspensi. Adanya pengendapan ini menyebabkan kebutuhan oksigen untuk mendegradasi zat organik secara biologis oleh mikroba berkurang. Selanjutnya penyisihan kadar BOD terjadi pada reaktor anaerob dimana pada proses ini mikroba yang berperan adalah mikroba anaerob. Degradasi zat organik secara anaerob menyebabkan turunnya zat organik diikuti oleh penurunan kadar BOD. Apabila dapat berlangsung baik pada tahap ini mampu menurunkan kadar BOD 20% - 30% (Nasruddin, 2007).

Saat melewati media, zat organik akan tertahan oleh filter dan akan didegradasi oleh mikroba yang menempel pada filter sehingga jumlahnya semakin berkurang dan kadar BOD juga akan mengalami penurunan.

Proses pengolahan limbah cair secara anaerobik ditunjukkan oleh berlangsungnya fermentasi metan yang menyebabkan zat organik kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein mengalami proses dekomposisi dan menghasilkan gas metan(CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Hal ini dipengaruhi oleh kerja enzim yang disintesiskan oleh sel-

selnya karena setiap enzim memiliki lapisan spesifik yang bekerja pada lapisan itu sendiri (Nasruddin,2007). Hal ini didukung oleh Sunu (2001) yang mengemukakan bahwa pengolahan dengan filter anaerobik efektif untuk pengolahan cairan limbah yang kental dan sering digunakan sebagai langkah awal untuk mengurai zat organik walaupun biasanya air hasil olahan berwarna kehitaman dan berbau.

Selanjutnya penyisihan kadar BOD terjadi pada reaktor aerob. Pada reaktor ini mikroorganisme yang berperan aktif untuk mengolah air limbah adalah mikroba yang memerlukan oksigen atau udara untuk memecah senyawa organik kompleks menjadi karbondioksida (CO_2) dan air serta amonium, selanjutnya amonium diubah menjadi nitrat.

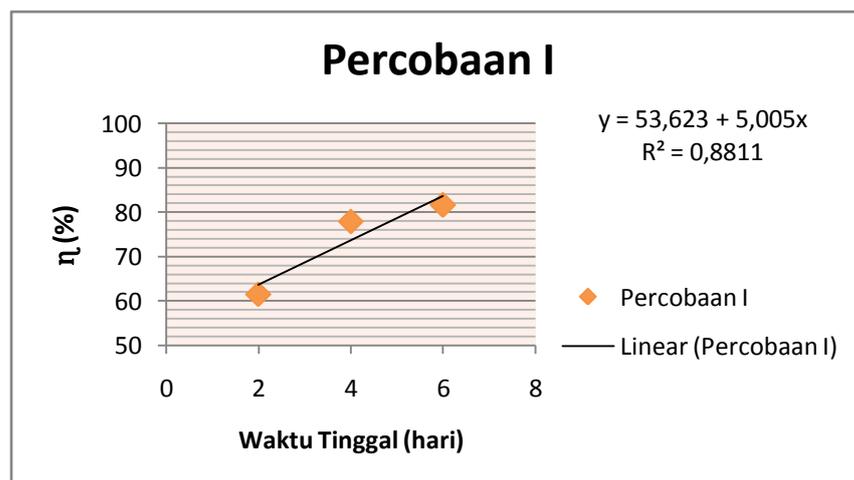
Inilah alasan peneliti menempatkan zona anaerobik menjadi proses awal pengolahan yang efektif untuk mengolah limbah yang memiliki kadar BOD yang tinggi lalu dilanjutkan dengan zona aerobik karena kedua proses ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Dengan kombinasi seperti yang dilakukan oleh peneliti, maka air hasil olahan dianggap lebih efektif.

2. COD (Chemical Oxygen Demand)

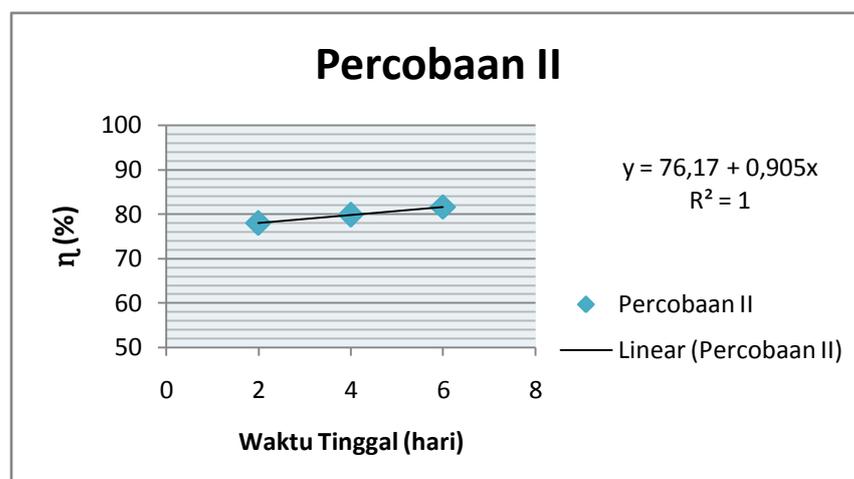
Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter air. Parameter COD sangat penting karena merupakan indikator tingkat pencemaran pada suatu perairan. Semakin besar nilai COD, makin tinggi tingkat pencemaran pada limbah tersebut, terlihat dari sampel air limbah tahu sebelum

pengolahan mencapai 1157,80 mg/l yang menggambarkan banyaknya senyawa organik yang terkandung pada air limbah tahu.

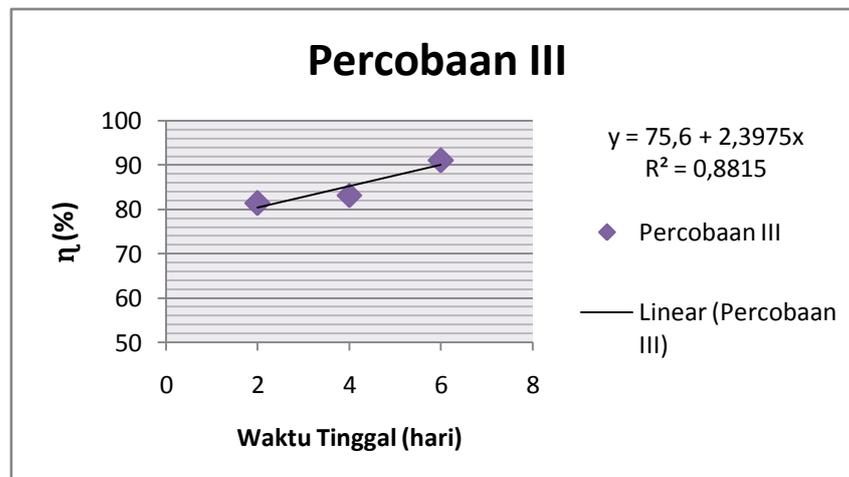
Untuk mengetahui persentase penyisihan kadar COD menggunakan bioreaktor biakan melekat dengan media bioball dapat dilihat pada gambar 18, 19, dan 20 (data pada tabel 5).



Gambar 18. Persentase Penyisihan COD pada Percobaan I



Gambar 19. Persentase Penyisihan COD pada Percobaan II



Gambar 20. Persentase Penyisihan COD pada Percobaan III

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa persentase penyisihan kadar COD yang tertinggi adalah pada percobaan III hari operasi ke 34 yaitu mencapai 91%. Ini menunjukkan bahwa dengan pengolahan menggunakan bioreaktor biakan melekat secara anaerob-aerob dengan waktu tinggal 2 hari dapat menghilangkan konsentrasi COD yang besar dan relatif stabil. Selama proses pengolahan terjadi peningkatan endapan pada reaktor pengendapan awal maupun reaktor pengendapan akhir.

Peningkatan penyisihan ini karena adanya pengendapan akibat aktifitas mikroorganisme yang membentuk flok yang akan semakin membesar seiring dengan bertambah banyaknya koloni yang akan mengendap dengan sendirinya serta adanya media *bioball* yang berperan sebagai filter untuk menahan polutan organik yang kemudian akan didegradasi oleh mikroba yang melekat pada media sehingga oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi air limbah secara kimia akan berkurang

yang menyebabkan konsentrasi COD pada air limbah tahu olahan menurun.

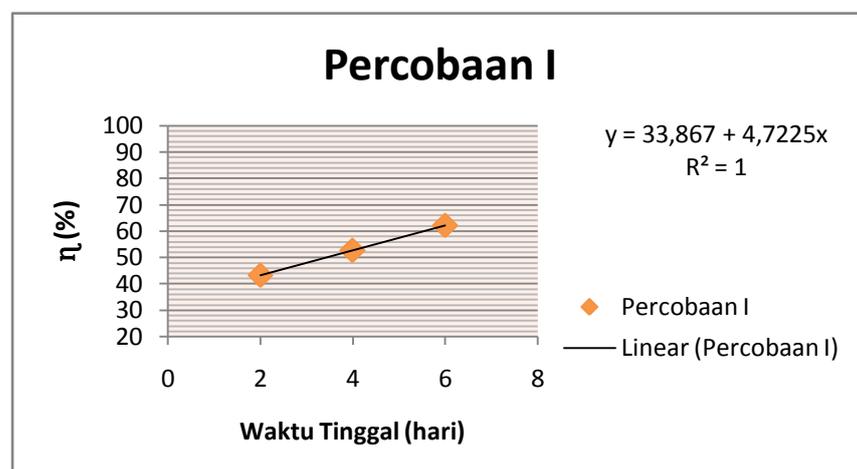
Persentase penyisihan COD pada air limbah tahu dengan metode biofilter ini lebih besar dibandingkan dengan pengolahan air limbah rumah sakit dengan metode biofilter oleh Sugito (2009) yang memperoleh persentase penyisihan COD maksimum 43,5%

Menurut hasil analisis laboratorium, kadar COD pada air limbah tahu sesudah pengolahan memenuhi baku Mutu SK.Gub.Sul-Sel No.69 Tahun 2010 yaitu 300 mg/l pada hari operasi ke-20 yaitu 298 mg/l.

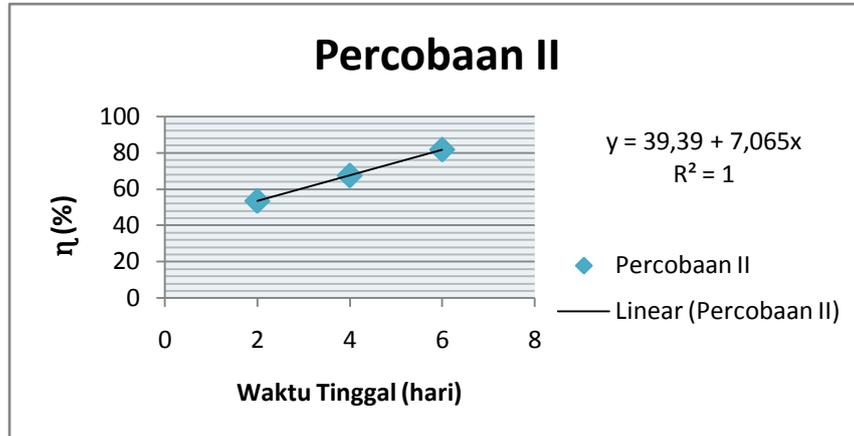
3. TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid merupakan salah satu parameter yang dapat mengetahui kualitas air limbah. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa nilai TSS dari sampel air limbah tahu mencapai 407 mg/l, ini menunjukkan banyaknya lumpur serta bahan organik yang terkandung dalam air limbah tahu.

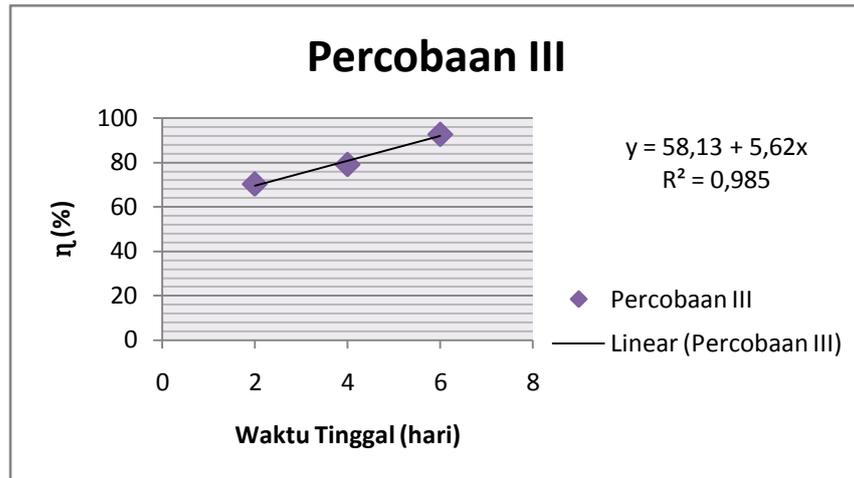
Persentase penyisihan kadar TSS pada air limbah tahu dengan waktu tinggal 2 hari menggunakan media bioball dapat dilihat pada gambar 21, 22, dan 23 (data pada tabel 6).



Gambar 21. Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan I



Gambar 22. Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan II



Gambar 23. Persentase Penyisihan TSS pada Percobaan III

Persentase penyisihan kadar TSS meningkat hingga 92,65% pada percobaan III hari ke 34. Konsentrasi yang tinggi ini menunjukkan bahwa pengolahan telah berjalan dengan baik hingga hari terakhir pengolahan yaitu hari ke 34. Selama pengolahan endapan pada reaktor pengendapan awal dan pengendapan akhir mengalami peningkatan.

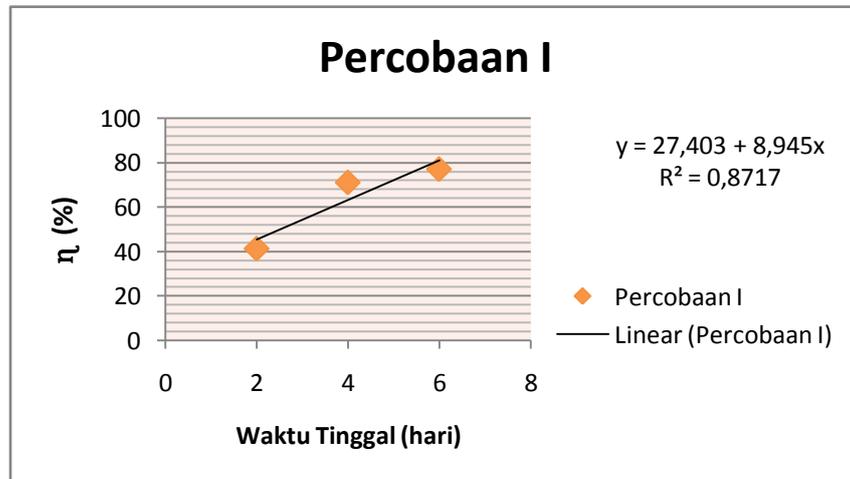
Untuk parameter TSS, menurut analisis laboratorium telah memenuhi baku mutu SK.Gub.Sul-Sel No.69 Tahun 2010 yaitu 200 mg/l pada hari ke 18 yaitu 180 mg/l. Ini menunjukkan bahwa proses pengolahan menggunakan bioreaktor biakan melekat dengan media bioball berjalan dengan sempurna dan efektif. Hal ini dikarenakan pengolahan dilengkapi dengan reaktor pengendapan awal dan pengendapan akhir serta bak penampungan awal air limbah sebelum masuk ke bioreaktor pengolahan. Proses pengendapan juga dapat berjalan dengan efektif karena adanya aktifitas dari mikroorganisme yang membentuk flok yang akan semakin membesar seiring dengan perkembangan koloni sehingga flok akan mengendap akibat beratnya sendiri dengan kecepatan rendah.

Penurunan kadar TSS selanjutnya terjadi pada filter anaerobik kemudian ke reaktor aerob karena adanya permukaan media filter yang ditumbuhi oleh mikroorganisme. Mikroba yang tumbuh berperan sebagai pengurai zat organik tersuspensi di dalam air limbah saat melewati media filter. Persentase penyisihan TSS pada penelitian ini lebih tinggi dari pengolahan air limbah rumah sakit oleh Sugito (2009) yang memperoleh persentase penyisihan TSS maksimum 49,54%.

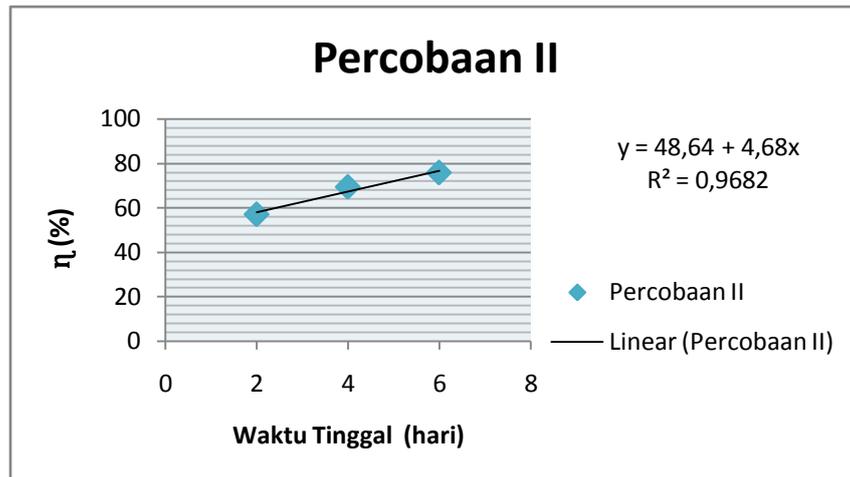
4. Amonia

Kondisi amoniak yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan yang terdapat pada perairan tersebut. Oleh karena itu parameter Amonia juga penting untuk mengetahui tingkat pencemaran pada air limbah yang dilepas ke perairan.

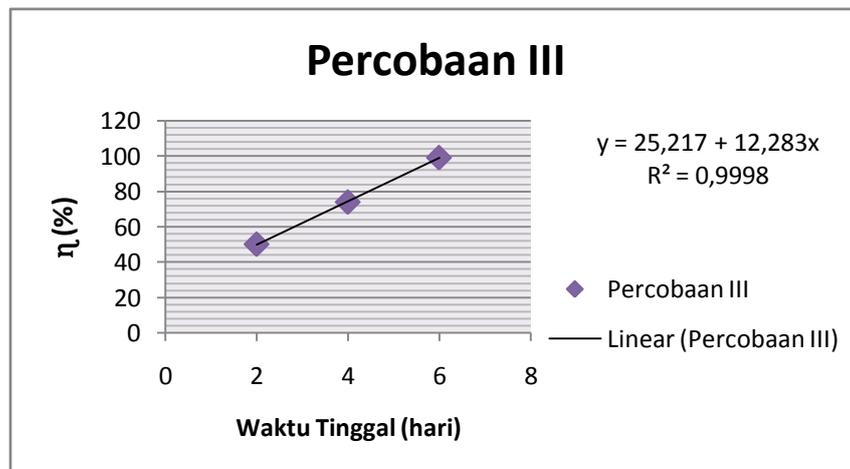
Untuk mengetahui persentase penyisihan kadar Amonia pada air limbah tahu dengan waktu tinggal 2 hari dapat dilihat pada gambar 24, 25, dan 26 (data pada tabel 7).



Gambar 24. Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan I



Gambar 25. Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan II



Gambar 26. Persentase Penyisihan Amonia pada Percobaan III

Persentase penyisihan Amonia pada air olahan menggunakan bioreaktor biakan melekat dengan media bioball mencapai 99,13%. Pada sampel awal air limbah tahu konsentrasi amonia mencapai 5,77 mg/l sedangkan pada hari terakhir pengolahan kadar amonia hanya 0,02 mg/l.

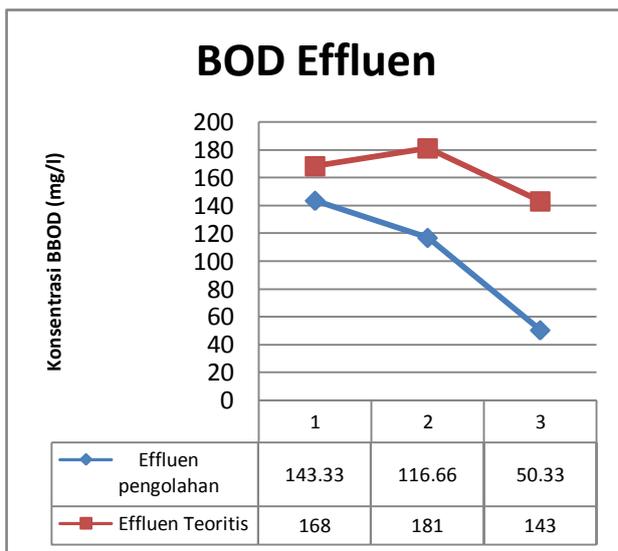
Penurunan kadar Amonia pada air limbah tahu olahan menunjukkan bahwa mikroorganisme yang terdapat dalam proses pengolahan ini bekerja dengan optimal karena penyisihan Amonia terjadi akibat adanya aktifitas dari mikroba nitrifikasi yang merupakan mikroba aerob atau mikroba yang membutuhkan oksigen untuk menunjang kehidupannya.

Semakin banyak bakteri yang terdapat dalam air limbah maka semakin banyak pula material organik dalam limbah cair industri tahu yang terdekomposisi sehingga dapat diperoleh persentase penurunan kadar Amonia yang tinggi. Bakteri yang berperan dalam penghilangan kadar Amonia adalah bakteri *Nitrosomonas, sp* dan *Nitrobacter, sp*.

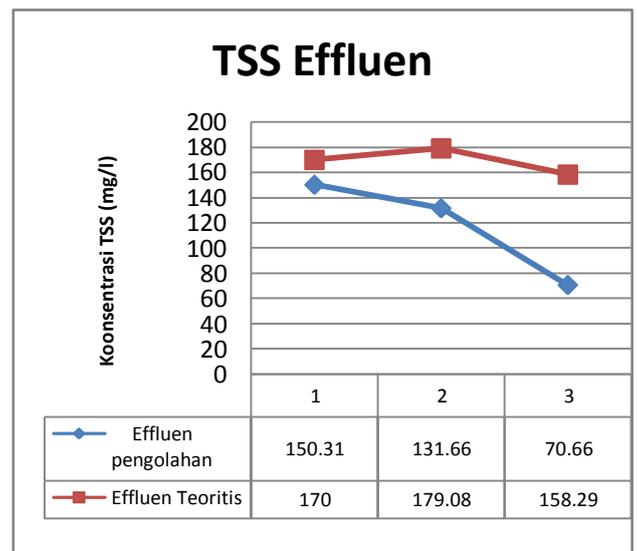
Penurunan kadar Amonia juga dibuktikan dengan membuat bak tambahan dari ember yang diisi dengan ikan untuk melihat keberhasilan bioreaktor untuk menghilangkan kadar Amonia serta sebagai pendeteksi mutu dari limbah olahan karena biota laut khususnya ikan tidak dapat bertoleransi terhadap kadar amonia bebas yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan dapat menyebabkan sufokasi (kematian secara perlahan karena lemas). (Efendi, 2003).

5. Perbandingan Kadar Effluen Teoritis dan Kadar Effluen Dari Pengolahan Menggunakan Bioreaktor

Dibawah ini adalah grafik dari perbandingan antara kadar effluen teoritis dan kadar effluen dari pengolahan menggunakan bioreaktor yang dipaparkan pada gambar 27, dan 28.



Gambar 27. Perbandingan Konsentrasi BOD Effluen Pengolahan dengan BOD



Gambar 28. Perbandingan Konsentrasi TSS Effluen Pengolahan dengan TSS

Pada gambar 27 dapat dilihat bahwa konsentrasi BOD Effluen teoritis lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi BOD Pengolahan, hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu pada rumus yang digunakan untuk menghitung BOD Effluen Teoritis, karakteristik media yang digunakan serta waktu tinggal air

limbah dalam reaktor diabaikan sehingga efisiensi BOD effluen teoritis lebih kecil dibandingkan dengan BOD effluen pengolahan sedangkan pada dasarnya kedua faktor tersebut sangat mempengaruhi penurunan kadar BOD effluen pada suatu pengolahan khususnya air limbah yang menggunakan pengolahan sistem *Attached Growth*".

Begitu pula pada gambar 28, menunjukkan konsentrasi kadar effluen TSS yang juga menunjukkan kadar effluen teoritis lebih besar dibandingkan dengan kadar effluen pengolahan. Untuk mengetahui kadar effluen pengolahan dilakukan dengan pengujian di laboratorium sehingga hasil yang didapatkan benar-benar sesuai dengan kualitas air limbah yang sesungguhnya, sedangkan untuk kadar effluen teoritis dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan oleh para ahli dan mengabaikan beberapa faktor yang biasanya terjadi di lapangan sehingga hasil dari perhitungan kadar effluen teoritis hanya mewakili secara garis besar.

Dari perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-Aerob efektif dalam menurunkan kadar pencemar pada air limbah industri tahu khususnya kadar BOD dan TSS. Ini dapat dilihat dari kadar effluen teoritis yang lebih besar dari kadar effluen pengolahan, yang berarti pengolahan dengan menggunakan bioreaktor biakan melekat ini sudah melewati dari kadar perkiraan perhitungan secara teoritis.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebelum pengolahan adalah 770 mg/l mengalami penurunan mencapai 24 mg/l. Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) selama pengolahan mengalami penurunan dari nilai sebelum proses 909,44 mg/l menjadi 93 mg/l. Parameter TSS (*Total Suspended Solid*) dapat diturunkan dari 381 mg/l menjadi 28 mg/l. Parameter Amonia mengalami penurunan dari 4,5 mg/l menjadi 0,02 mg/l.
2. Pengolahan menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-aerob dengan media *Bioball* diperoleh persentase penyisihan untuk parameter BOD pada awal pengolahan 65,58% dan meningkat sampai penyisihan tertinggi mencapai 96,31%. Pada awal proses persentase penyisihan COD 61,51% dan meningkat hingga 91%. Parameter TSS dengan persentase pada awal pengolahan 43,31% kemudian meningkat hingga penyisihan maksimum 92,65%. Untuk persentase penyisihan pada awal pengolahan 41,33% dan persentase penyisihan Amonia mengalami peningkatan sampai 99,13%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut

1. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan dan pengamatan mikrobiologis untuk mengidentifikasi mikroorganisme yang menguraikan air limbah dengan proses pengolahan menggunakan bioreaktor biakan melekat dengan media *bioball* yang terbuat dari plastik.
2. Sebaiknya pemeriksaan inlet dilakukan setiap pengambilan sampel air hasil olahan sehingga data yang diperoleh lebih akurat.
3. Sebaiknya peneliti selanjutnya mencoba menggunakan media lain sebagai tempat pertumbuhan bakteri untuk membandingkan mana yang paling efektif sebagai media biofilm.
4. Sebaiknya para pengusaha industri tahu memiliki instalasi sendiri untuk mengolah air limbah buangan sebelum dilepaskan ke badan air di sekitar pabrik dan dilengkapi dengan bak penampungan dengan kapasitas besar sehingga proses pengolahan dapat berjalan terus menerus tanpa adanya penumpukan limbah yang diolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sumentri S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Penerbit Usaha Nasional.
- Anonim. *Teknologi pemanfaatan Limbah Industri Tahu*. <http://rudipra.blog2.plasa.com/kti-ku/>, (23 juni .2013)
- Ariani, dkk. 2007. *Pengolahan Air Limbah Tahu menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tinggal*. Jakarta. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti.
- Chandra. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Efendi, Hefiai. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Filailah Naskah. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Biofilter menggunakan Bahan Plastik Bekas*. Tesis tidak diterbitkan. Makassar. Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin
- Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung : Yrama Widya.
- Herlambang. 2002. *Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang Tawon pada Pengolahan Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerobik Aerobik*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Herman. 2011. *Prinsip Dasar dari berbagai sistem Pengolahan Limbah secara Biologi*. Yogyakarta : Pusteklim.
- Jumardi. 2009. *Kondisi Air Limbah Tahu dengan metode Biofilter dalam menurunkan Kadar BOD dan TSS*. Makassar. Skripsi Sarjana, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2006. *Pengelolaan Limbah Laboratorium Lingkungan*. Jakarta : Pusarpedal.
- Kusnopranto. 1983. *Kesehatan Lingkungan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kusnopranto, H. 1997. *Air Limbah dari Ekskreta Manusia*. Jakarta : Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdikbud.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta : Andi.
- Mahida. 1984. *Pencemaran dan Pemanfaatan Limbah*. Jakarta : Rajawali.
- Mulia, R.M. 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Nasruddin. 2007. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Domestik Rumah Sakit Sistem Attached Growth Berganda Anaerob-Aerob Up Flow*. Makassar. Universitas Hasanuddin
- Rahayu, Endang Sutriswati dkk. ⁷⁹ *Teknologi Proses Produksi*
Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Said, Nusa Idaman. 2000. *Biofilter Berkelit dari Limbah Rumah Tangga*. Tekad No.18/Tahun II. Rubrik Kilas IPTEK. BPPT.
- Said, Nusa Idaman. 2002. *Kualitas Air Minum dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL).
- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi Wahjono. 1999. *Teknologi Pengolahan Air*. Jakarta. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi Wahjono. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob*. Jakarta. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi Wahjono. 1999. *Alat Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Semi Komunal Kombinasi Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Siregar Sakti. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- SK. Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2013.
- Soeparman & Soeparmin. 2001. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta : Penerbit buku Kedokteran EGC.
- Sugiharto.2005. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Sugito. 2009. *Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter untuk menurunkan Kandungan Pencemar BOD, COD dan TSS di Rumah Sakit Bunda Surabaya*. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Sunu. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Andi.

Lampiran 1. Surat Permohonan Pengambilan Sampel

Lampiran 2. Surat Permohonan Penelitian dan Pemeriksaan Sampel

Lampiran 3. Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Lampiran 4. Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010 tentang baku mutu
limbah cair bagi kegiatan industri tahu

Lampiran 5. Gambar Desain Alat Pengolahan Bioreaktor Biakan Melekat



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245, Sulawesi Selatan
☎ (0411) 586015, 586262 Fax (0411) 586015.
<http://eng.unhas.ac.id> E-mail: teknik@unhas.ac.id

Nomor : 3077/UN4.8.1/PP.28/2013

20 Juni 2013

Hal : Permohonan pengambilan sampel

Yth.

Direktur Pabrik Tahu Trisanjaya
Makassar

Dengan hormat, dalam rangka penyelesaian Skripsi/Tugas Akhir pada Program Studi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, maka kami mohon kiranya dapat diberi kesempatan untuk melakukan pengambilan sampel pada perusahaan / instansi bapak/ibu, bagi mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

Nama / NIM : Dwi Ancella Yudha / D12109255

Atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akademik.

Muhammad Ramli, M.T.
NIP. 19680718 199309 1 001

Tembusan :

1. Dekan FT-UH;
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil FT-UH.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245, Sulawesi Selatan

☎ (0411) 586015, 586262 Fax (0411) 586015.

http://eng.unhas.ac.id. E-mail: teknik@unhas.ac.id

Nomor : 1016/UN4.8.1/PP.28/2013

20 Juni 2013

Hal : Permohonan penelitian dan pemeriksaan sampel

Yth.

Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan
Poltekkes Kemcnkes
Makassar

Dengan hormat, dalam rangka penyelesaian Skripsi/Tugas Akhir pada Program Studi Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, maka kami mohon kiranya dapat diberi kesempatan untuk melakukan penelitian dan pemeriksaan sampel pada perusahaan / instansi bapak/ibu, bagi mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

Nama / NIM : 1. Putri Aulia Halim / D12109273
2. A. Fariz Perdana / D12109264
3. Dwi Ancella Yudha / D12109255

Atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

g n Dekan,

Wakil Dekan Bidang Akademik.



Muhammad Ramli, M.T.

NIP. 19680718 199309 1 001

Tembusan :

1. Dekan FT-UH;
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil FT-UH.



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN

Jl. Wijaya Kusuma I/2 Komp. Kesehatan Banta-Bantaeng
Makassar Kode Pos 90222 Telp. (0411) 853497



HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM

Nama Pengambil : Dwi Ancella Yudha
Lokasi Pengambilan : Air Limbah Air Tahu Trisanjaya Makassar
Jenis Pemeriksaan : Kimia
Tanggal Pemeriksaan : 14 Juli - 2 Agustus 2013

Parameter	Kode Sampel	Batasan Maksimum Yang Dibolehkan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
BOD	DAY / AW / TGL-12 / VII / 13	150	mg/l	770,00
	DAY / I / TGL-14 / VII / 13			165
	DAY / I / TGL-16 / VII / 13			142
	DAY / I / TGL-18 / VII / 13			123
	DAY / AW / TGL-19 / VII / 13			825
	DAY / II / TGL-21 / VII / 13			140
	DAY / II / TGL-23 / VII / 13			116
	DAY / II / TGL-25 / VII / 13			94
	DAY / AW / TGL-26 / VII / 13			650
	DAY / III / TGL-28 / VII / 13			76
	DAY / III / TGL-30 / VII / 13			51
	DAY / III / TGL-1 / VIII / 13			24
COD	DAY / AW / TGL-12 / VII / 13	300	mg/l	909,44
	DAY / I / TGL-14 / VII / 13			350
	DAY / I / TGL-16 / VII / 13			201
	DAY / I / TGL-18 / VII / 13			168
	DAY / AW / TGL-19 / VII / 13			1157,80
	DAY / II / TGL-21 / VII / 13			255
	DAY / II / TGL-23 / VII / 13			234
	DAY / II / TGL-25 / VII / 13			213
	DAY / AW / TGL-26 / VII / 13			1032,97
	DAY / III / TGL-28 / VII / 13			192
	DAY / III / TGL-30 / VII / 13			174
	DAY / III / TGL-1 / VIII / 13			93
TSS	DAY / AW / TGL-12 / VII / 13	200	mg/l	381
	DAY / I / TGL-14 / VII / 13			216
	DAY / I / TGL-16 / VII / 13			180
	DAY / I / TGL-18 / VII / 13			144
	DAY / AW / TGL-19 / VII / 13			407
	DAY / II / TGL-21 / VII / 13			189



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN

Jl. Wijaya Kusuma I/2 Komp. Kesehatan Banta-Bantaeng
Makassar Kode Pos 90222 Telp. (0411) 853497



	DAY / II / TGL-23 / VII / 13			132
	DAY / II / TGL-25 / VII / 13			74
	DAY / AW / TGL-26 / VII / 13			362
	DAY / III / TGL-28 / VII / 13			108
	DAY / III / TGL-30 / VII / 13			76
	DAY / III / TGL-1 / VIII / 13			29
Amonia	DAY / AW / TGL-12 / VII / 13	0	mg/l	4.5
	DAY / I / TGL-14 / VII / 13			2.64
	DAY / I / TGL-16 / VII / 13			1.3
	DAY / I / TGL-18 / VII / 13			1.03
	DAY / AW / TGL-19 / VII / 13			5.77
	DAY / II / TGL-21 / VII / 13			2.48
	DAY / II / TGL-23 / VII / 13			1.77
	DAY / II / TGL-25 / VII / 13			1.4
	DAY / AW / TGL-26 / VII / 13			2.3
	DAY / III / TGL-28 / VII / 13			1.15
	DAY / III / TGL-30 / VII / 13			0.6
	DAY / III / TGL-1 / VIII / 13			0.002

Makassar, 12 Agustus 2013

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan



Hj. Wahyuni Sahani, ST, M.Si
NIP.19690525 1992032 001

An. Ketua Pranata Laboratorium

Stientie, SKM
NIP.19710906 200701 2 018

Lampiran 4. Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010 tentang baku mutu
limbah cair bagi kegiatan industri tahu

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar ^{*)} (mg/L)	Beban (Kg/ton)	Kadar ^{*)} (mg/L)	Beban (Kg/ton)	Kadar ^{*)} (mg/L)	Beban (Kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 – 9					
Kuantitas Air Limbah Maksimum (m ³ /ton)	10		20		10	

(Sumber: Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010)

Keterangan :

- *) kecuali untuk pH
- Satuan kuantitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku
- Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

Lampiran 6. Perhitungan Kecepatan aliran pada bioreaktor dengan waktu tinggal 2 hari

Perhitungan porositas media dengan eksperimen :

$$\begin{aligned} & \text{Volume air tanpa media} \\ \text{Porositas media} &= \frac{\text{Volume air tanpa media}}{\text{Volume air berisi media}} \times 100\% \\ & \text{Volume air berisi media} \\ & 20000 \\ & = \frac{20000}{22700} \times 100\% = 88\% \\ & 22700 \end{aligned}$$

Reaktor Pengendapan Awal

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 15 \times 40 \times 33 = 19800 \text{ cm}^3 \\ &= 19,8 \text{ liter} \end{aligned}$$

Reaktor Anaerob

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{volume bawah} + [\text{v.atas} \times \text{porositas}] \\ &= (20 \times 40 \times 6) + [(20 \times 40 \times 27) \times 88\%] \\ &= 4800 + [21600 \times 88\%] \\ &= 23800 \text{ cm}^3 \\ &= 23,8 \text{ liter} \end{aligned}$$

Total volume reaktor anaerob (I dan II)

$$\text{Volume total} = 2 \times 23800 \text{ cm}^3$$

$$= 47600 \text{ cm}^3$$

$$= 47,6 \text{ liter}$$

Reaktor Aerob

$$\text{Volume} = \text{volume bawah} + [\text{v.atas} \times \text{porositas}]$$

$$= (20 \times 40 \times 6) + [(20 \times 40 \times 27) \times 88\%]$$

$$= 4800 + (21600 \times 88\%)$$

$$= 23800 \text{ cm}^3$$

$$= 23,8 \text{ liter}$$

Reaktor Pengendapan Akhir

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$= 15 \times 40 \times 28$$

$$= 16800 \text{ cm}^3$$

$$= 16,8 \text{ liter}$$

Maka diperoleh,

$$\text{Volume efektif} = 19,8 + 23,8 + 23,8 + 23,8 + 16,8$$

$$= 108 \text{ liter}$$

Untuk memperoleh waktu tinggal 2 hari atau 48 jam, maka diperoleh

kecepatan aliran, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kec.aliran} &= \frac{\text{Volume efektif (liter)}}{\text{Waktu tinggal (jam)}} = \frac{108}{48} \\ &= 2,25 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Lampiran 7. BOD sebelum dan setelah pengolahan

Perc.	Tanggal	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi BOD		Efisiensi (%)
				Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	
I	12 Juli 2013	14	0	770	-	-
	14 Juli 2013	16	2	770	165	65,58
	16 Juli 2013	18	4	770	142	68,57
	18 Juli 2013	20	6	770	123	74,94
II	19 Juli 2013	21	0	825	-	-
	21 Juli 2013	23	2	825	140	83,03
	23 Juli 2013	25	4	825	116	85,94
	25 Juli 2013	27	6	825	94	88,61
III	26 Juli 2013	27	0	650	-	-
	28 Juli 2013	29	2	650	76	88,31
	30 Juli 2013	31	4	650	51	92,15
	01 Agustus 2013	33	6	650	24	96,31

Lampiran 8. COD sebelum dan setelah pengolahan

Perc.	Tanggal	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi COD		Efisiensi (%)
				Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	
I	12 Juli 2013	14	0	909,44	-	-
	14 Juli 2013	16	2	909,44	350	61,51
	16 Juli 2013	18	4	909,44	201	77,89
	18 Juli 2013	20	6	909,44	168	81,53
II	19 Juli 2013	21	0	1157,80		
	21 Juli 2013	23	2	1157,80	255	77,98
	23 Juli 2013	25	4	1157,80	234	79,79
	25 Juli 2013	27	6	1157,80	213	81,60
III	26 Juli 2013	27	0	1032,97		
	28 Juli 2013	29	2	1032,97	192	81,41
	30 Juli 2013	31	4	1032,97	174	83,16
	01 Agustus 2013	33	6	1032,97	93	91

Lampiran 9. TSS sebelum dan setelah pengolahan

Perc.	Tanggal	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi TSS		Efisiensi (%)
				Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	
I	12 Juli 2013	14	0	381	-	-
	14 Juli 2013	16	2	381	216	43,31
	16 Juli 2013	18	4	381	180	52,76
	18 Juli 2013	20	6	381	144	62,20
II	19 Juli 2013	21	0	407	-	-
	21 Juli 2013	23	2	407	189	53,56
	23 Juli 2013	25	4	407	132	67,57
	25 Juli 2013	27	6	407	74	81,82
III	26 Juli 2013	27	0	362	-	-
	28 Juli 2013	29	2	362	108	70,17
	30 Juli 2013	31	4	362	76	79,01
	01 Agustus 2013	33	6	362	28	92,65

Lampiran 10. Amonia sebelum dan setelah pengolahan

Perc.	Tanggal	Waktu Operasi (Hari)	Waktu Tinggal	Konsentrasi Amonia		Efisiensi (%)
				Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	
I	14 Juli 2013	14	0	4,5	-	-
	16 Juli 2013	16	2	4,5	2,64	41,33
	18 Juli 2013	18	4	4,5	1,3	71,11
	20 Juli 2013	20	6	4,5	1,03	77,11
II	21 Juli 2013	21	0	5,77	-	-
	23 Juli 2013	23	2	5,77	2,48	57,02
	25 Juli 2013	25	4	5,77	1,77	69,32
	27 Juli 2013	27	6	5,77	1,4	75,74
III	27 Juli 2013	27	0	2,3	-	-
	29 Juli 2013	29	2	2,3	1,15	50
	31 Juli 2013	31	4	2,3	0,6	73,91
	02 Agustus 2013	33	6	2,3	0,02	99,13

Lampiran 11. Dokumentasi pengambilan sampel air limbah pada industri tahu
Trisanjaya



Outlet Limbah Cair Pabrik Tahu Trisanjaya



Pengambilan sampel limbah cair industri tahu untuk pengolahan

Lampiran 12. Bioreaktor pengolah air limbah tahu dengan media bioball sebelum proses pengolahan dan pada saat pertumbuhan biofilm



Model alat pengolahan limbah cair industri tahu sebelum diisi sampel

Bioreaktor pengolahan pada saat penumbuhan *biofilm*



Lampiran 13. Proses pengambilan sampel hasil olahan pada outlet reaktor



Proses Pengambilan Sampel untuk Analisis Laboratorium



Pengambilan Sampel untuk Analisis Laboratorium

Lampiran 14. Sampel air limbah sebelum pengolahan



Lampiran 15. Sampel air limbah setelah pengolahan

