

SKRIPSI

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU DENGAN BIOFILTER
ANAEROB DAN AEROB MENGGUNAKAN MEDIA
PLASTIK BOTOL MINERAL (PET) DAN SEDOTAN (PP)**

**SYAMSUL ALAM
D121 16 008**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU DENGAN BIOFILTER ANAEROB DAN AEROB MENGGUNAKAN MEDIA PLASTIK BOTOL MINERAL (PET) DAN SEDOTAN (PP)

Disusun dan diajukan oleh

Syamsul Alam
D12116008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc.
NIP 194306122018016000

Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.
NIP 199201142019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syamsul Alam
NIM : D12116008
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Biofilter Anaerob dan Aerob Menggunakan Media Plastik Botol Mineral (PET) dan Sedotan (PP)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Maret 2023

Yang Menyatakan



Syamsul Alam

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan ridho-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob

Menggunakan Media Plastik Botol Mineral (PET) dan Sedotan (PP)". Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan seluruh umat manusia Nabi Muhammad SAW, pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat manusia.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ialah untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa S1 di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua penulis. Terima kasih yang tak terhingga dan doa yang selalui menyertai penulis ucapkan kepada Ibu Hasnah yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dukungan dan selalu memberikan yang terbaik bagi penulis. Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., MT., M.Arch selaku Dekan dan Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibunda Prof. Dr. Ir. Mery selintung, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Ibu Nur An-nisa Putry Mangerangi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.
7. Bapak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang telah membantu penulis selama penelitian yang dilakukan di laboratorium.
8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terkhusus Ibu Sumi, kak Tami dan Kak Olan yang telah sabar membantu penulis dalam proses administrasi.
9. Teman-teman P23DATOR MAPALA 09 SMFT-UH yang selalu memberikan tawa dan semangat walaupun semuanya sudah memiliki kesibukan.
10. Teman-teman Lingkungan 2016 yang tiada henti-hentinya memberikan dukungan penuh selama saya berkuliah di Universitas Hasanuddin.
11. Patron 2017 atas segala momen yang telah diciptakan bersama, dan gelak tawa yang bergitu riuh sampai tak bisa dilupakan serta bantuan selama masa perkuliahan.

12. Kanda-kanda senior serta adik-adik yang telah membantu selama masa perkuliahan.
13. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terima kasih orang-orang baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun penulis terima dengan senang hati. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kedepannya dan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, Februari 2023

Penulis

SYAMSUL ALAM
D121 16 008

ABSTRAK

SYAMSUL ALAM. *Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob Menggunakan Media Plastik Botol Mineral (PET) dan Sedotan (PP)*". (dibimbing oleh Mary Selintung dan Nur. An-nisa Putry Mangerangi).

Industri tahu di Kota Makassar pada umumnya didominasi oleh industri skala kecil sehingga limbah yang dihasilkan tidak dikelola terlebih dahulu. Salah satu jenis limbah yang dihasilkan adalah air limbah tahu yang jumlahnya cukup banyak dan mengandung bahan organik yang tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitarnya, terutama pada saluran drainase. Salah satu alternatif pengolahan air limbah tahu yaitu teknologi biofilter anaerob-aerob.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis uji penurunan dan efektivitas penyisihan kadar pencemar air limbah tahu yang ditinjau dari parameter BOD, COD dan TSS sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan reaktor biofilter kombinasi anaerob – aerob dan menganalisis perbandingan efektivitas menggunakan dua jenis media biofilter dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tahu (BOD, COD dan TSS).

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan metode eksperimental, dimana parameter uji yang digunakan adalah BOD, COD dan TSS dengan menggunakan dua jenis media biofilter, yaitu media botol air mineral dari bahan plastik PET dan media plastik sedotan dari bahan plastik PP dengan variasi waktu pengamatan yakni 24 jam selama 6 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penyisihan rata-rata pada reaktor bermedia plastik botol air mineral mampu menurunkan BOD sebesar 88,30%, COD sebesar 88,97% dan TSS sebesar 79,13%. Sedangkan pada reaktor bermedia plastik sedotan mampu menurunkan BOD hingga 86,74%, COD sebesar 85,41% dan TSS sebesar 67,03%. Dari nilai efektivitas yang diperoleh dapat diketahui bahwa jenis media biofilter dari plastik botol mineral (PET) menghasilkan efektivitas penyisihan BOD, COD dan TSS yang lebih baik dibandingkan dengan media biofilter dari plastik sedotan (PP).

Kata Kunci: Biofilter, Anaerob - Aerob, Air Limbah Tahu, Media biofilter

ABSTRACT

SYAMSUL ALAM. *Tofu Wastewater Treatment Using Anaerobic and Aerobic Biofilters Using Plastic Media, Mineral Bottles (PET) and Straws (PP)* (supervised by Mary Selintung and Nur. An-nisa Putry Mangerangi).

The tofu industry in Makassar City is generally dominated by small-scale industries so that the waste produced is not managed first. One type of waste that is produced is tofu wastewater, which is quite a lot and contains high organic matter, so it has the potential to pollute the surrounding environment, especially in drainage channels. One alternative to tofu wastewater treatment is anaerobic-aerobic biofilter technology.

This study aims to analyze the reduction test and the effectiveness of removing pollutant levels of tofu wastewater in terms of BOD, COD and TSS parameters before and after processing using an anaerobic – aerobic combination biofilter reactor and to analyze the effectiveness comparison using two types of biofilter media in reducing wastewater pollutant levels. know (BOD, COD and TSS). This research was conducted on a laboratory scale with an experimental method, where the test parameters used were BOD, COD and TSS using two types of biofilter media, namely mineral water bottle media made of PET plastic and straw plastic media made of PP plastic with variations in observation time, namely 24 hours for 6 days.

The results showed that the effectiveness of the average removal in plastic-media reactors with mineral water bottles was able to reduce BOD by 88.30%, COD by 88.97% and TSS by 79.13%. Whereas in the straw-based plastic reactor it was able to reduce BOD by 86.74%, COD by 85.41% and TSS by 67.03%. From the effectiveness value obtained, it can be seen that the type of biofilter media made from plastic mineral bottles (PET) produces better effectiveness in removing BOD, COD and TSS compared to biofilter media made from plastic straws (PP).

Keywords: Biofilter, Anaerobic - Aerobic, Tofu Wastewater, Media Biofilter

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Industri Tahu.....	6
2.2 Limbah Cair Tahu.....	7
2.3 Karakteristik Limbah Cair Tahu.....	8
2.4 Baku Mutu Limbah Cair Tahu.....	9
2.5 Parameter Kualitas Air Limbah.....	9
2.5.1 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	10
2.5.2 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	10
2.5.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	10
2.5.4 pH.....	11
2.6 Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Biofilter.....	11
2.6.1 Pengolahan limbah cair dengan biofilter aerob.....	13
2.6.2 Pengolahan limbah cair tahu dengan biofilter anaerob.....	15
2.6.3 Pengolahan limbah cair secara <i>double treatment</i> (anaerob – aerob).....	16
2.7 Efektifitas Penyisahan Zat Pencemar.....	17
2.8 Plastik.....	18
2.9 Plastik <i>Polythylene Terephthalate</i> (PET).....	19
2.10 Plastik <i>Polypropylene</i> (PP).....	21
2.11 Kriteria Desain.....	22
2.12 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Rancangan Penelitian.....	29
3.1.1 Variabel bebas.....	29
3.1.2 Variabel terikat.....	29
3.1.3 Variabel Kontrol.....	29
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30
3.3 Alat dan Bahan.....	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.4.1 Tahap persiapan cair tahu.....	35
3.4.2 Penyiapan media biofilter.....	35
3.4.3 Tahap persiapan bakteri (<i>seeding</i> dan aklimatisasi).....	36

3.4.4 Proses <i>running</i>	38
3.5 Teknik Analisis.....	40
3.6 Bagan Alir Penelitian	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Karakteristik Air Limbah Tahu	43
4.2 Kondisi Lingkungan dan Pembentukan Biofilm	45
4.3 Uji Penurunan Kadar Pencemar Air Limbah Tahu pada Proses <i>Running</i> reactor.....	48
4.3.1 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	49
4.3.2 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	51
4.3.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	53
4.3.4 pH.....	55
4.4 Efektivitas Penyisihan pada Reaktor Bermedia Plastik Botol Air Mineral dan Reaktor Bermedia Plastik Sedotan	57
4.4.1 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	57
4.4.2 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	59
4.4.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	61
4.5 Perbandingan Efektivitas antara Reaktor Bermedia Plastik Botol Air Mineral dan Reaktor Bermedia Plastik Sedotan	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram alir proses produksi tahu	7
Gambar 2 Beberapa metode aerasi untuk proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup	14
Gambar 3 Diagram proses pengolahan air limbah dengan proses anaerob – aerob	16
Gambar 4 Monomer rantai PET	20
Gambar 5 Struktur monomer dan polymer plastik PP	21
Gambar 6 Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob – Aerob	22
Gambar 7 Desain reaktor	34
Gambar 8 Desain reaktor tampak atas	34
Gambar 9 Desain reaktor tampak samping	34
Gambar 10 <i>Seeding</i>	37
Gambar 11 Aklimatisasi	38
Gambar 12 Proses <i>running</i>	40
Gambar 13 Bagan alir penelitian	42
Gambar 14 Proses <i>seeding</i> dan aklimatisasi	45
Gambar 15 Grafik penurunan konsentrasi BOD pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan sedotan	50
Gambar 16 Grafik penurunan konsentrasi COD pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan sedotan	52
Gambar 17 Grafik penurunan konsentrasi TSS pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan sedotan	55
Gambar 18 Grafik kenaikan pH pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan sedotan	56
Gambar 19 Hubungan Antara penggunaan reaktor B ₁ dan B ₂ dengan suhu waktu pengamatan terhadap efektivitas penyisihan BOD	59
Gambar 20 Hubungan Antara penggunaan reaktor B ₁ dan B ₂ dengan suhu waktu pengamatan terhadap efektivitas penyisihan COD	60
Gambar 21 Hubungan Antara penggunaan reaktor B ₁ dan B ₂ dengan suhu waktu pengamatan terhadap efektivitas penyisihan TSS	62
Gambar 22 Perbandingan efektivitas penyisihan pada reaktor B ₁ dan B ₂ berdasarkan spesifikasi media	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Baku mutu limbah cair tahu	9
Tabel 2 Kriteria perencanaan biofilter anaerob – aerob.....	23
Tabel 3 Penelitian terdahulu	25
Tabel 4 Rancangan penelitian	30
Tabel 5 Spesifikasi reaktor.....	32
Tabel 6 Kriteria desain	32
Tabel 7 Kriteria perencanaan	32
Tabel 8 Uji karakteristik awal limbah cair tahu	44
Tabel 9 Data observasi kondisi lingkungan dan pertumbuhan bakteri pada reaktor biofilter B ₁ dan B ₂	46
Tabel 10 Konsentrasi BOD sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media plastik botol air mineral (B ₁).....	49
Tabel 11 Konsentrasi BOD sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media sedotan (B ₂).....	49
Tabel 12 Konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media plastik botol air mineral (B ₁).....	51
Tabel 13 Konsentrasi COD sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media sedotan (B ₂).....	52
Tabel 14 Konsentrasi TSS sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media plastik botol air mineral (B ₁).....	54
Tabel 15 Konsentrasi TSS sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media sedotan (B ₂).....	54
Tabel 16 Hasil uji pH pada sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media plastik botol air mineral	56
Tabel 17 Hasil uji pH pada sebelum dan sesudah pengolahan biofilter dengan media sedotan.....	56
Tabel 18 Efektivitas penyisihan BOD pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan reaktor bermedia sedotan	58
Tabel 19 Efektivitas penyisihan COD pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan reaktor bermedia sedotan	60
Tabel 20 Efektivitas penyisihan TSS pada reaktor bermedia plastik botol air mineral dan reaktor bermedia sedotan	62
Tabel 21 Perbandingan penggunaan reaktor B ₁ dan B ₂ dengan waktu pengamatan terhadap efektivitas penyisihan kadar pencemar	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Standar Baku Mutu Air Limbah	73
Lampiran 2 Pengujian BOD	74
Lampiran 3 Pengujian COD	75
Lampiran 4 Pengujian TSS	76
Lampiran 5 Pengujian pH	78
Lampiran 6 Perhitungan Porositas	79
Lampiran 7 Dokumentasi Kegiatan	81
Lampiran 8 Hasil Uji Lab	84

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tahu banyak dijumpai di berbagai daerah di Indonesia, khususnya wilayah di Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Sebagian besar industri tahu di Indonesia merupakan industri skala kecil sehingga produksi tahu saat ini masih menggunakan teknologi sederhana.

Saat ini, usaha tahu di Makassar rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi. Kegiatan industri tahu di Makassar didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas. Sumber daya manusia yang terlibat pada umumnya bertaraf pendidikan yang relatif rendah, serta belum banyak yang melakukan pengolahan limbah.

Pada umumnya, limbah cair industri tahu memiliki karakteristik berupa pH, TSS (*Total Suspended Solids*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), amoniak, minyak dan lemak, nitrit, dan nitrat yang tinggi dan masih melebihi baku mutu limbah cair yang ditetapkan. Secara fisik, limbah cair industri tahu berupa cairan kental berwarna putih keruh karena tingginya kandungan padatan tersuspensi dan berbau kurang sedap karena tingginya kandungan zat organik (Rahayu dkk, 2012).

Proses dekomposisi zat organik oleh mikroorganisme aerob memerlukan oksigen dalam jumlah besar untuk memperoleh energi. Proses ini menurunkan konsentrasi oksigen terlarut di dalam air (Fachrurozi dkk, 2010). Saat oksigen tidak mencukupi untuk mengurai bahan-bahan organik tersebut dan limbah dibuang ke lingkungan perairan secara terus menerus maka dapat berdampak negatif. Lingkungan penerima akan mengalami titik jenuh jika beban cemaran yang masuk melebihi daya dukung lingkungan sehingga dapat menimbulkan bau, gangguan estetika dan merusak ekosistem perairan.

Limbah cair tahu dengan karakteristik bahan organik tinggi dan kadar BOD, COD 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 (Fibria, 2007).

Limbah tahu yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu secara baik akan mengakibatkan kematian makhluk hidup di perairan, sumber air pertanian akan tercemar dan hal itu akan membahayakan kesehatan manusia apabila hal ini terjadi terus menerus. Melihat dampak yang ditimbulkan dari limbah tahu, seharusnya sebelum dibuang harus dilakukan pengolahan yang memadai terlebih dahulu.

Pengolahan limbah tahu terkendala karena membutuhkan teknologi yang memadai dan biaya yang besar, sementara umumnya produksi tahu dilakukan di skala rumah tangga. Oleh karena itu perlu alternatif pemecahan masalah agar industri tahu ini dapat mengolah limbah cair tahu dengan biaya yang murah, mudah, cepat, dan limbah yang terolah aman ketika dibuang ke lingkungan. Salah satu pengolahan limbah yang mudah, murah, dan cepat yaitu pengolahan limbah tahu secara biologis.

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah industri tahu diolah dengan menggunakan pengolahan kombinasi dari proses biologis anaerobik dan aerobik (Mufida, 2015).

Pada penelitian ini “Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Biofilter Anaerob dan Aerob menggunakan Media Plastik Botol Mineral (PET) dan Sedotan (PP)” perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil pengolahan limbah tahu agar memenuhi standar buangan ke lingkungan serta mengembangkan konsep pengolahan limbah yang sederhana dan ekonomis dengan menggunakan media plastik sehingga dapat diterapkan kepada masyarakat luas.

Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul – molekul kecil (monomer) hidrokarbon yang akhirnya akan membentuk rantai panjang dengan stuktur yang kaku. Plastik merupakan senyawa sintesis dari minyak bumi (terutama hidrokarbon rantai pendek) yang dibuat dengan

polimerisasi molekul – molekul kecil (monomer) yang sama, sehingga membentuk rantai panjang yang kaku dan akan menjadi padat setelah temperature pembentukannya. Plastik memiliki titik didih dan titik beku yang beragam, tergantung dari monomer pembentukannya (Klein, 2011). Plastik yang akan digunakan pada penelitian ini adalah plastik berjenis PET dan PP. *Polyethylene terephthalate* atau lebih umum disebut PET adalah plastik yang sangat kuat digunakan untuk membuat botol minuman ringan. PET dapat didaur ulang menjadi pita kaset video. *Polipropilena* atau yang sering disebut PP adalah plastik dengan titik leleh tinggi yaitu 160°C. *Polipropilena* biasanya digunakan dalam pembuatan botol minuman, ember, kotak makanan, dan wadah penyimpanan makanan lainnya yang dapat dipakai berulangulang. Bahan ini merupakan jenis plastik terbaik yang bisa digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman, karena mampu mencegah terjadinya reaksi kimia dan tahan terhadap panas. (Budi, 2003).

Pada penelitian ini, diaplikasikan pengolahan limbah cair secara *double treatment* dengan memanfaatkan media plastik PET dan PP sebagai media biofilternya dengan memperhatikan faktor-faktor yang optimal dari penelitianpenelitian sebelumnya, yaitu aerasi, inokulum, dan waktu pengamatan optimal. Penerapan sistem *waste water double treatment* yaitu secara anaerobik dan aerobik dalam pengolahan daur ulang limbah cair tahu dinilai merupakan alternatif yang baik untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Aplikasi pengolahan limbah cair tahu secara *double treatment* ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas *effluent* limbah cair tahu tersebut dengan menurunkan kadar BOD, COD, TSS serta dapat menaikkan pH.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Biofilter Anaerob dan Aerob menggunakan Media Plastik Botol Mineral (PET) dan Sedotan (PP)”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil uji penurunan dan efektivitas penyisahan kadar pencemar air limbah tahu ditinjau dari parameter BOD, COD dan TSS menggunakan

reaktor biofilter kombinasi anaerob – aerob dengan memanfaatkan botol plastik dan sedotan?

2. Bagaimana perbandingan efektivitas dua jenis media biofilter antara media plastik botol air mineral (plastik PET) dengan media plastik sedotan (plastik PP) dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tahu (BOD, COD dan TSS) pada pengolahan biofilter kombinasi anaerob–aerob ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menganalisis uji penurunan dan efektivitas penyisihan kadar pencemar air limbah tahu yang ditinjau dari parameter BOD, COD dan TSS sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan reaktor biofilter kombinasi anaerob–aerob dengan memanfaatkan media plastik botol dan sedotan.
2. Untuk menganalisis perbandingan efektivitas dua jenis media biofilter antara media plastik botol air mineral (plastik PET) dengan media plastik sedotan (plastik PP) dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tahu (BOD, COD dan TSS) pada pengolahan biofilter kombinasi anaerob–aerob.

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian ini mengambil studi kasus pengolahan air limbah yang berasal dari industri tahu UD X dan difokuskan untuk memanfaatkan proses aerob dan anaerob untuk menurunkan kadar COD, BOD dan TSS (pH dan suhu sebagai parameter tambahan) pada air limbah industri tahu. Penelitian ini tidak menganalisis karakteristik bakteri atau mikroorganisme selama proses anaerob dan aerob berlangsung. Baku mutu kualitas air mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu.

1.5 Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, dan diakhiri oleh

Penutup. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan uraian mengenai latar belakang, identifikasi rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan uraian mengenai dasar teori pendukung baik bersifat umum maupun khusus berdasarkan tema penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Merupakan uraian mengenai waktu dan tempat penelitian serta metode pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan menjelaskan mengenai uraian hasil penelitian berupa gambar dan hasil olahan data dari perhitungan yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Merupakan uraian mengenai kesimpulan yang merupakan penyajian singkat dari keseluruhan hasil penelitian berdasarkan tujuan penelitian dan saran yang akan diberikan terhadap pencapaian penelitian berlangsung.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

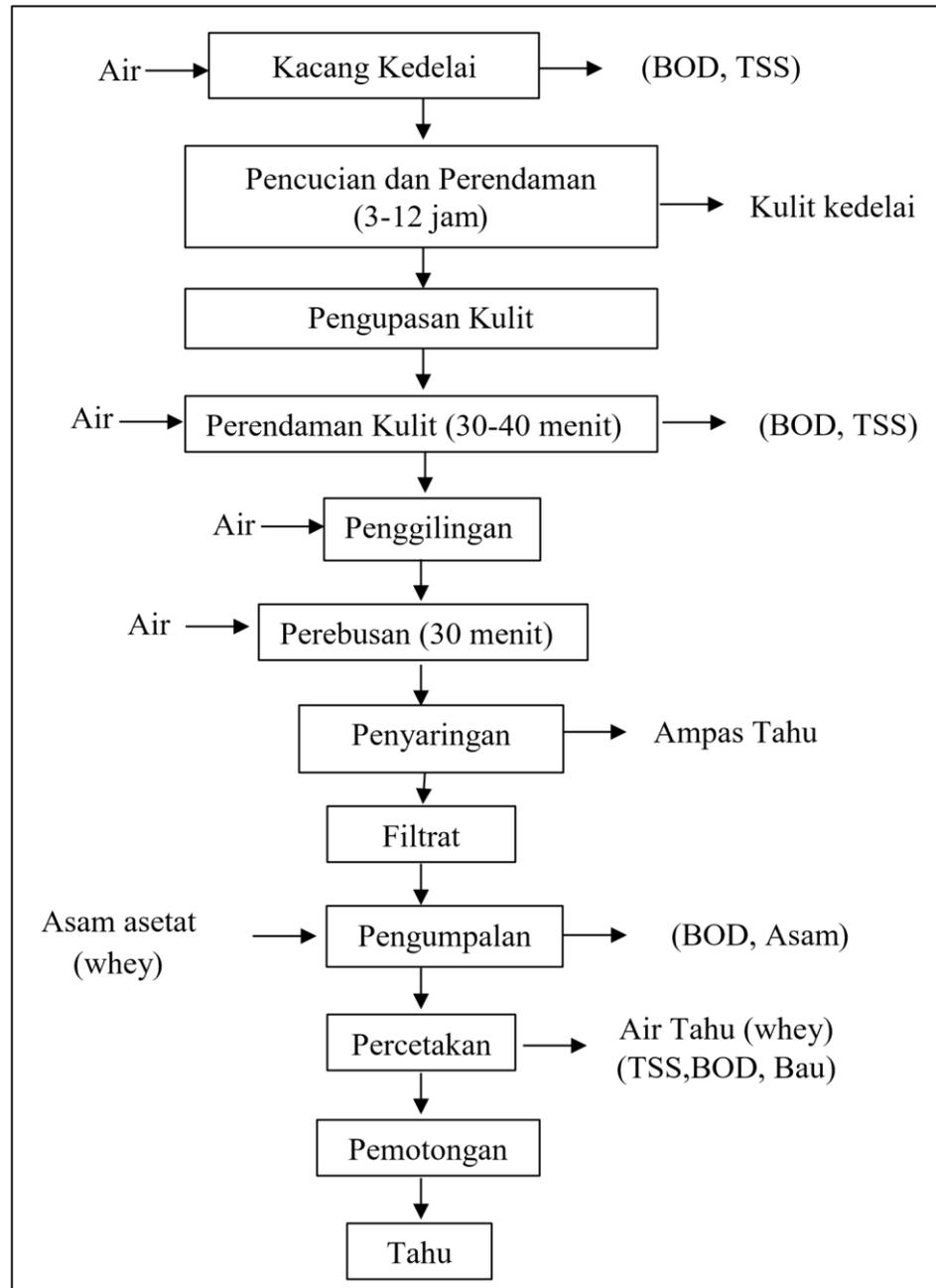
2.1 Limbah Industri Tahu

Industri pengolahan tahu merupakan kegiatan yang melakukan pemanfaatan kedelai sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan tahu (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Limbah industri tahu terdiri dari dua jenis, yaitu limbah padat dan cair. Dari kedua jenis limbah tersebut, limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan (Irmanto, 2002). Industri pengolahan tahu menghasilkan limbah cair yang menimbulkan pencemaran karena mengandung komponen organik yang tinggi (Azzuro, E. M. dkk, 2010). Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan bersumber dari cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu pada tahap proses penggumpalan dan penyaringan yang disebut air dadih atau *whey*. Sumber limbah cair lainnya berasal dari proses sortasi dan pembersihan, pengupasan kulit, pencucian, penyaringan, pencucian peralatan proses dan lantai.

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair (Sulistyo *et al*, 2007). Limbah padat belum dapat dirasakan dampaknya, karena masih dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, sedangkan limbah cair tahu mempunyai dampak yang besar terhadap lingkungan. Umumnya limbah cair tahu tersebut langsung dibuang ke sungai. Limbah cair tahu mengandung nutrisi berupa protein, karbohidrat, dan lipid yang tingkat pencemarannya sangat tinggi. Menurut Kaswinarni (2007), persentase limbah yang dihasilkan dari industri tahu hanya mencapai 25% untuk limbah padat, sedangkan persentase limbah cair yang dihasilkan mencapai 75%.

Berikut diagram alir proses produksi tahu secara rinci dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram alir proses produksi tahu (Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2006)

2.2 Limbah Cair Tahu

Limbah cair industri tahu merupakan produk buangan dari industri tahu yang berbentuk cair. Limbah cair tahu yang dihasilkan sebagian besar langsung dibuang ke sungai, dan volume limbah cair yang dihasilkan setiap harinya adalah sepuluh kali volume kedelai yang diproses (Suprapti, 2005). Menurut Husin (2003), limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik kompleks

yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino dalam bentuk padatan tersuspensi maupun terlarut. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD dan TSS yang tinggi yang apabila dibuang langsung ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran.

Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati (Kaswinarni, 2007). Hal ini dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey*). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan. Menurut Astuti dkk (2007), pencemaran yang dilakukan terus menerus akan mengakibatkan matinya organisme yang ada dalam air, mengingat air berubah kondisinya menjadi anaerob.

2.3 Karakteristik Limbah Cair Tahu

Air limbah tahu mengandung bahan padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan secara fisik dan kimia, juga akan menghasilkan gas beracun yang dapat mencemari lingkungan sekitarnya. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu umumnya sangat tinggi, senyawasenyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Di antara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak yang jumlahnya cukup besar, yang mencapai 40 – 60% protein, 25 – 50% karbohidrat, dan 10% lemak (Sugiharto, 2004). Menurut Darsono (2007), limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu merupakan limbah organik yang *degradable* atau mudah diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah. Namun karena sebagian besar pemrakarsa yang bergerak dalam industri tahu adalah orang-orang yang hanya mempunyai modal terbatas. Oleh karena itu, perhatian

terhadap pengolahan limbah cair industri tahu sangat kecil, bahkan sebagian besar industri tahu membuang limbah cair tersebut secara langsung ke lingkungan.

2.4 Baku Mutu Limbah Cair Tahu

Pembuangan air limbah baik bersumber dari kegiatan domestik (rumah tangga) maupun industri ke badan air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Agar dapat dibuang pada lingkungan sekitar maka limbah cair tersebut harus memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan pemerintah. Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dan jumlah kandungan bahan pencemaran di dalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari berbagai parameter (Kristanto, 2002). Baku mutu air limbah yaitu ukuran batas unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang pada badan air dari suatu usaha dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam tabel tersebut terdapat 4 parameter utama yang menjadi patokan yaitu nilai COD, BOD, TSS dan pH. Baku mutu air adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang ada atau unsur pencemar yang masih ditenggangkan keberadaannya pada air dan sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya.

2.5 Parameter Kualitas Air Limbah

Limbah cair apabila dibuang langsung dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu terdapat beberapa parameter yang umum digunakan sebagai indikator kualitas air limbah. Parameter tersebut berupa angka yang menunjukkan nilai dari kualitas air limbah tersebut. Beberapa parameter tersebut yaitu:

Tabel 1 Baku mutu limbah cair tahu

Parameter	Pengolahan Kedelai Tahu	
	Kadar* (mg/l)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6 - 9	
Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)	20	

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2014

2.5.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (MetCalf dan Eddy, 2003). BOD bukanlah merupakan nilai yang menunjukkan jumlah atau kadar bahan organik dalam air, melainkan mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik tersebut. Menurut Pujiastuti (2010), semakin tinggi kadar BOD dalam limbah cair tahu, maka jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam limbah cair tahu juga tinggi, berarti dalam limbah cair tahu tersebut terjadi defisit oksigen. Berdasarkan hasil penelitian Balai Perindustrian Medan terhadap karakteristik air buangan industri tahu di Medan (*anonymous*^c, 1993), diketahui bahwa limbah cair tahu rata-rata mengandung kadar BOD sebesar 3250 mg/l.

2.5.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh *kalium dichromat* menjadi gas metan CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion *chrom* untuk dijadikan sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts dan Santika, 1987). Berdasarkan hasil studi Balai Perindustrian Medan terhadap karakteristik air buangan industri tahu di Medan (*anonymous*^c, 1993), diketahui bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung COD sebesar 6520 mg/l.

2.5.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air, semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air akan semakin

keruh (MetCalf dan Eddy, 2003). Menurut Husin (2008), padatan terlarut terhalang masuk dalam limbah cair tahu, sehingga akan mengganggu pertumbuhan mikroorganisme yang akan menguraikan bahan-bahan organik dalam limbah cair tahu tersebut. Berdasarkan hasil studi Balai Perindustrian Medan terhadap karakteristik air buangan industri tahu di Medan (*anonymous*^c, 1993), diketahui bahwa limbah cair industri tahu rata-rata mengandung TSS sebesar 1500 mg/l.

2.5.4 pH

pH limbah cair adalah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair. pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral (pH = 7). Air dengan pH kurang dari 7 dikatakan bersifat asam, sedangkan air dengan pH di atas 7 bersifat basa. Menurut Astuti (2007), berdasarkan hasil pengukuran pH, pada zona anoksik didapat rentang pH antara 6 – 7. Kebanyakan mikroorganisme tumbuh paling baik pada nilai pH mendekati netral, mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik pada pH yang normal sehingga penyisihan substrat dapat berlangsung dengan baik dan efisiensi penyisihan COD yang di dapat juga tinggi. Pada zona aerob, pH yang dihasilkan juga dalam rentang 6 – 7.

2.6 Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Biofilter

Secara umum, pengolahan limbah cair tahu digolongkan menjadi 3 jenis metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Pengolahan secara fisika merupakan metode pemisahan sebagian dari beban pencemaran khususnya padatan tersuspensi atau koloid dari limbah cair. Dalam pengolahan limbah cair industri tahu secara fisika, proses yang dapat digunakan antara lain adalah filtrasi dan pengendapan (sedimentasi). Filtrasi (penyaringan) menggunakan media penyaring terutama untuk menjernihkan dan memisahkan partikel-partikel kasar dan padatan tersuspensi dari limbah cair. Pengolahan limbah cair secara kimia, merupakan metode penghilangan atau konversi senyawa-senyawa polutan dalam limbah cair dengan penambahan bahan-bahan kimia atau reaksi kimia lainnya (MetCalf dan Eddy, 2003).

Pengolahan limbah cair secara biologi dapat menurunkan kadar zat organik terlarut dengan memanfaatkan mikroorganisme atau tumbuhan air. Pada dasarnya cara biologi adalah pemutusan molekul kompleks menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme. Proses ini sangat peka terhadap faktor suhu, pH, oksigen terlarut (DO) dan zat-zat inhibitor. Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa (Ritmann dan McCarty, 2001).

Menurut Mangkoedihardjo (2010 : 235 - 239), Rasio BOD/COD tidak lebih dari sebuah indikator untuk dampak keluaran dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baik dari alam maupun buatan. Ketika suatu limbah tingkat degradasinya semakin tinggi, maka rasio BOD/COD tersebut akan berbanding lurus menjadi semakin besar. terurai secara hayati, dan zona toksik. Rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologi berada dalam jangkauan terurai secara hayati yaitu 0,2 - 0,5 (Mangkoediharjo, 2010). Hal serupa yang dinyatakan oleh (Fresenius *et al*, 1989) rasio BOD/ COD antara 0,2 dan 0,5 dapat diolah dengan proses biologi, tetapi proses dekomposisinya lebih lambat karena mikroorganisme pengurai membutuhkan aklimatisasi dengan limbah tersebut.

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (*biofilm*) (Herlambang dan Marsidi, 2003). Di dalam proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerobik, suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan *air lift pump* dan aerasi dengan

sistem mekanik. Sistem aerasi juga bergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan (Said dkk, 2002).

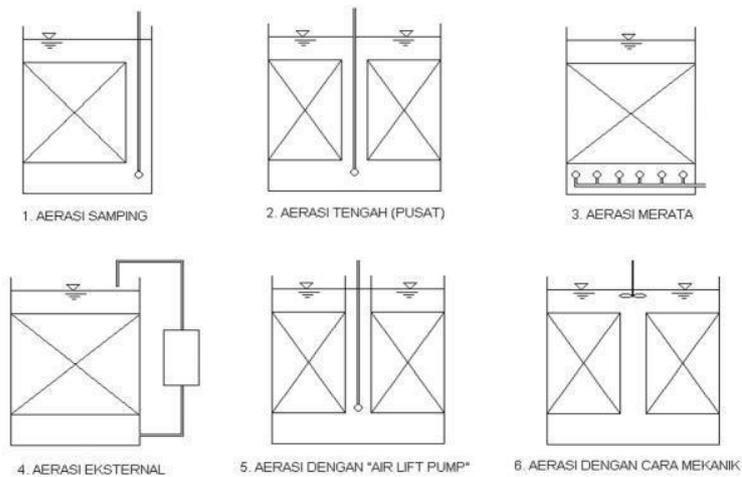
Pada penelitian Hidayat dkk (2012), pengolahan limbah cair tepung tapioka dengan menggunakan biofilter, didapatkan hasil penurunan yang signifikan terhadap konsentrasi BOD, COD dan TSS dengan 98,53%, 98,71% dan 88,96%. Wagiman (2007), juga meneliti tentang pengolahan limbah cair tahu dengan biofilter anaerob untuk menurunkan kandungan organik yang tinggi dalam limbah cair tahu. Hasil penelitian tersebut adalah penurunan kadar COD yang mencapai 95% dan perubahan pH yang mencapai 98,23%. Pada penelitian Jasmiyati dkk (2010), diperoleh hasil dalam penurunan kandungan BOD dan COD limbah cair tahu mencapai 93,61 – 97,87%, ketika dalam sistem ditambahkan inokulum yaitu efektif mikroorganisme (EM₄).

2.6.1 Pengolahan limbah cair dengan biofilter aerob

Pengolahan limbah cair dengan proses biofilter aerob adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau metabolisme sel untuk menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu terutama senyawa-senyawa *biodegradable* yang terdapat dalam air limbah. Proses metabolisme sel dapat dipisahkan atas dua jenis proses yaitu katabolisme dan anabolisme (Suriawiria, 2006). Pada proses katabolisme atau dissimilasi atau bioenergi, *nutrient* berfungsi sebagai sumber energi atau penerima *electron*. Sumber energi pada bakteri berupa bahan organik sederhana yang diuraikan menjadi bahan-bahan yang lebih sederhana. Energi yang dihasilkan berupa energi kimia yang diperlukan untuk aktivitas sel misalnya, perkembangbiakan, pembentukan spora, dan sebagainya. Nutrien yang berfungsi sebagai penerima *electron* antara lain yaitu oksigen, KNO₃, dan lain-lain (Rittmann dan McCarty, 2001). Anabolisme atau asimilasi atau biosintesa, *nutrient* berfungsi sebagai bahan baku. Tanpa adanya *nutrient* maka proses biosintesa tidak akan berjalan (Suriawiria, 2006).

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerobik, suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan *air lift*

ump dan aerasi dengan sistem mekanik. Sistem aerasi juga bergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan (Said dkk, 2002).



Gambar 2 Beberapa metode aerasi untuk proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup (Sumber: Hiksmi (1992))

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aerob yaitu:

1. Suhu. Temperatur tidak hanya mempengaruhi aktivitas metabolisme dari populasi mikroorganisme, tetapi juga mempengaruhi beberapa faktor seperti kecepatan transfer gas dan karakteristik pengendapan lumpur. Temperatur optimum untuk mikroorganisme dalam proses aerob tidak berbeda dengan proses anaerob (Monnet, 2003).
2. Derajat keasaman pH air limbah akan sangat menentukan aktivitas mikroorgansime aerob, pH optimum adalah berkisar antara 6,5 – 8,3. Mikroorganisme tidak tahan terhadap kondisi lingkungan dengan pH > 9,5 dan < 4, karena pada pH yang sangat kecil atau sangat besar, mikroorganisme aerob tidak aktif, atau bahkan akan mati (Jenie dan Rahayu, 2007).
3. Waktu Tinggal Hidrolis (WTH) adalah waktu perjalanan limbah cair di dalam reaktor, atau lamanya proses pengolahan limbah cair tersebut. Menurut Astuti dkk (2007) semakin besar waktu tinggal, maka akan semakin besar pula tingkat efisiensi penyisihan kandungan organiknya. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan biofilm akan memperbanyak kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik tersebut untuk metabolisme

tubuhnya, dan akan menyisihkan kandungan bahan organik dalam air buangan tersebut.

4. Bahan Makanan (Nutrien). Fungsi utama bahan makanan bagi mikroorganisme adalah sebagai sumber energi, bahan pembangun sel dan sebagai aseptor elektron di dalam reaksi bioenergetik (reaksi yang menghasilkan energi). Bahan makanan yang diperlukan terdiri dari: air, sumber energi, sumber karbon, sumber aseptor elektron, sumber mineral, faktor pertumbuhan dan nitrogen (MetCalf dan Eddy, 2003).

2.6.2 Pengolahan limbah cair tahu dengan biofilter anaerob

Pengolahan limbah cair dengan cara proses anaerobik pada dasarnya sama dengan proses aerobik, dimana sama-sama memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau metabolisme sel untuk menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu terutama senyawa-senyawa *biodegradable* dalam air buangan, namun yang membedakan yaitu adalah tidak ada keterlibatan penggunaan oksigen dalam proses anaerob. Sistem ini cukup efektif dengan biaya pengoperasian rendah dan dapat mereduksi BOD hingga 90% (Fardiaz, 1992). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair secara biologis merupakan cara yang sangat menarik dan menguntungkan. Keuntungan lainnya adalah lumpur yang dihasilkan dari pengolahan limbah khususnya proses anaerob relatif sedikit (Rittmann dan McCarty, 2003).

Perlakuan anaerobik untuk degradasi senyawa organik kompleks dalam limbah cair tahu, muncul sebagai pilihan yang logis dan menarik, karena biodegradasi senyawa-senyawa organik kompleks dapat dilakukan dalam sistem anaerob. Dalam proses anaerob, senyawa-senyawa organik kompleks (protein, karbohidrat, dan minyak/lemak) berantai panjang mula-mula didegradasi menjadi asam lemak dan asam amino sederhana dan berantai pendek serta sejumlah kecil gas hidrogen (MetCalf dan Eddy, 2003). Selanjutnya asam-asam organik dan asamamino sederhana diuraikan lebih lanjut menjadi gas metan (CH_4), karbondioksida (CO_2) dan sejumlah kecil H_2 , hidrogen sulfide (H_2S) dan nitrogen serta biomassa (Ferdiaz, 2002).

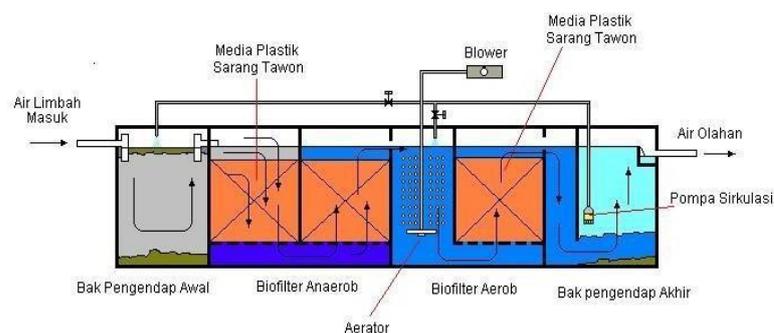
Menurut Astuti dkk (2007), keunggulan proses anaerobik dibandingkan proses aerobik diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Proses tersebut tidak membutuhkan oksigen dan pemakaian oksigen dalam proses penguraian limbah akan menambah biaya pengoperasian;
2. Penguraian anaerobik menghasilkan lebih sedikit lumpur (3 – 20 kali lebih sedikit daripada proses aerobik), energi yang dihasilkan bakteri anaerobik relatif rendah;
3. Proses anaerobik menghasilkan gas yang bermanfaat, yaitu gas metan;
4. Penguraian anaerobik cocok untuk limbah industri dengan konsentrasi polutan organik yang tinggi.

Menurut Sianita dan Ika (2006), proses anaerobik juga mempunyai beberapa kelemahan atau kekurangan, diantaranya adalah:

1. Membutuhkan waktu yang lama dalam *start – up* perkembangan biomassa yang akan digunakan;
2. Membutuhkan penambahan alkali;
3. Memberikan efek yang kurang baik pada temperatur rendah pada saat reaksi;
4. Lebih rentan untuk mengolah limbah yang toksik;
5. Berpotensi untuk menghasilkan bau dan gas korosi.

2.6.3 Pengolahan limbah cair secara *double treatment* (anaerob - aerob)



Gambar 3 Diagram proses pengolahan air limbah dengan proses anaerob – aerob

(Sumber:
Said, 2017)

Menurut Nurani (2007), kombinasi proses anaerob dan proses aerob atau sebaliknya merupakan proses pengolahan limbah cair yang sangat baik dan efektif. Proses anaerob akan dapat menguraikan limbah cair dengan konsentrasi

organik tinggi secara maksimal, sedangkan proses aerob tidak saja memaksimalkan penguraian zat organik pada limbah cair, tapi juga akan memberikan tambahan oksigen pada limbah cair karena pada proses secara aerob ini dilengkapi dengan sistem aliran udara (aerasi), sehingga *Dissolved Oxygen* (DO) pada limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan menjadi lebih besar.

Menurut Sianita dan Ika (2006), penggunaan kombinasi biofilter anaerob - aerob dan penggunaan koagulan tawas pada pengolahan limbah cair industri batik, menunjukkan penurunan kadar COD pada proses aerob hingga 76,59% dan pada kondisi anaerob hingga 69,43%, masing-masing pada waktu tinggal sel 6 jam dan 6 hari. Pada penelitian Astuti dkk (2007), tentang pengolahan air limbah tahu menggunakan bioreaktor anaerob - aerob bermedia karbon aktif dengan variasi waktu tunggal, diperoleh hasil efisiensi COD sebesar 93,54% dengan waktu tinggal 24 jam. Dhamayantie (2000) juga melakukan penelitian terhadap limbah cair industri tekstil dengan menggunakan kombinasi biofilter anaerob – aerob dengan menggunakan aliran kontinu. Hasil penelitian dilaporkan bahwa dalam tahap anaerob dengan suhu ruang dan waktu tinggal 12 – 24 jam diperoleh hasil penurunan COD sebesar 21,76 – 29,56% dan BOD 14,80% - 41,91%. Pada penelitian pengolahan limbah cair industri tekstil oleh Paramita dkk, (2012), dengan menggunakan proses pengolahan anaerob – aerob, dimana pada biofilter anaerob digunakan waktu tinggal (HRT) selama 25 jam dengan penambahan bakteri sebanyak 15%. Adapun untuk biofilter aerob digunakan waktu tinggal (HRT) selama 17,5 jam dan penambahan bakteri sebanyak 15% disertai dengan penambahan aerasi sebanyak 0,4 vvm, mampu menurunkan BOD mencapai 65%, COD 29,21% serta TSS sebesar 39,50%.

2.7 Efektivitas Penyisahan Zat Pencemar

Penentuan efisiensi kadar BOD, COD dan TSS dihitung untuk mengetahui seberapa besar tingkat penurunan kadar BOD, COD dan TSS sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan kombinasi sistem anaerobik – aerobik (Rahadi, 2018).

Beberapa penelitian telah dilakukan berhubungan dengan penggunaan limbah plastik sebagai media tumbuh mikroba, botol plastik yang digunakan

sebagai media biofilter memiliki efisiensi penurunan COD sebesar 86,89% dan BOD sebesar 75,18% (Purnaningtias dan Afiuddin, 2018).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa limbah organik pekat dengan COD lebih dari 3.000 mg/l sulit diolah dengan pemrosesan secara aerobik, sedangkan proses anaerobik dapat menghasilkan penurunan sampai 95% pada kadar COD yang sama dan bahkan dapat menghasilkan penurunan COD sampai 80% untuk limbah yang berkonsentrasi lebih dari 30.000 mg/l. Proses aerobik sulit mereduksi COD sampai 90% untuk konsentrasi > dari 3.000 mg/l karena kelarutan oksigen molekuler didalam air sangat rendah, 8 mg/l pada 0°C, 6 ppm pada suhu kamar. Sedangkan proses anaerobik dapat mengolah limbah berkonsentrasi lebih tinggi karena proses ini tidak memerlukan oksigen molekuler.

Pada pengolahan anaerob dan aerob beban pencemar berdasarkan kriteria desain adalah sebagai berikut:

1. Beban BOD per – satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g BOD/m². hari (Morikita S. K. K, 1992);
2. Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m³ media (Nusa I. S, 2002);
3. Perbandingan dimensi reaktor dan media biofilter sebesar 40% dari total reaktor (Dindarita dkk, 2017)

Perhitungan untuk memperoleh nilai efisiensi adalah sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

dimana,

- a = nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS pada saat sebelum diolah untuk masing masing perlakuan,
- b = nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS pada saat sesudah diolah untuk masing-masing perlakuan,

2.8 Plastik

Plastik adalah material jenis polimer yang tersusun atas rantai monomer serta bersifat ringan. Plastik ditemukan pertama kali oleh Alexander Parker melalui pengolahan bahan organik dari selulosa. Kala itu, Parker memberi nama

produk temuannya sebagai parkesine. Seiring zaman, mulai banyak ilmuwan yang mengembangkannya hingga diperoleh plastik seperti sekarang.

Umumnya, plastik yang digunakan sekarang ini tidak berasal dari bahan alami, melainkan dari hasil *cracking* minyak bumi yang berbentuk serbuk putih. Dalam penerapannya, plastik bisa ditemukan dalam bentuk lembaran, lempengan, dan film.

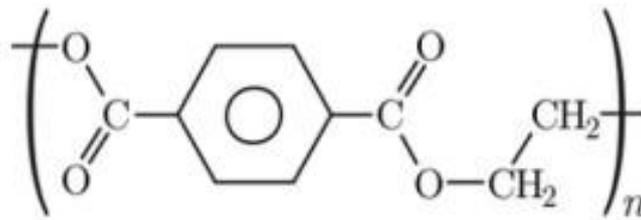
Plastik merupakan material yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hal itu karena sifatnya yang banyak memberikan keuntungan bagi manusia.

Secara umum, sifat plastik adalah sebagai berikut:

1. Kuat tetapi ringan;
2. Tidak mudah bereaksi dengan zat kimia, seperti udara, asam, dan basa;
3. Tidak bisa menghantarkan arus listrik, sehingga bersifat isolator;
4. Mudah untuk dibentuk sesuai kebutuhan melalui pemanasan;
5. Umumnya berwarna jernih atau transparan;
6. Dapat diberi warna;
7. Bersifat plastis;
8. Harganya terjangkau atau ekonomis;
9. Memiliki ketahanan yang baik terhadap bakteri dan jamur;
10. Tidak mudah mengalami korosi atau perkaratan

2.9 Plastik *Polythylene Terephthalate* (PET)

Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna. Menurut Erliza dan Sutedja (2002), plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu termoplastik dan termoset. Adapun gambar monomer dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Monomer rantai PET

Thermoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene* dan *polyvinil chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *phenol formaldehid* dan *urea formaldehid* (Nurminah, 2002).

Nurminah (2002) menjelaskan *polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. *polyethylene* atau yang biasa disebut dengan PET memiliki rumus molekul $C_{10}H_8O_4$.

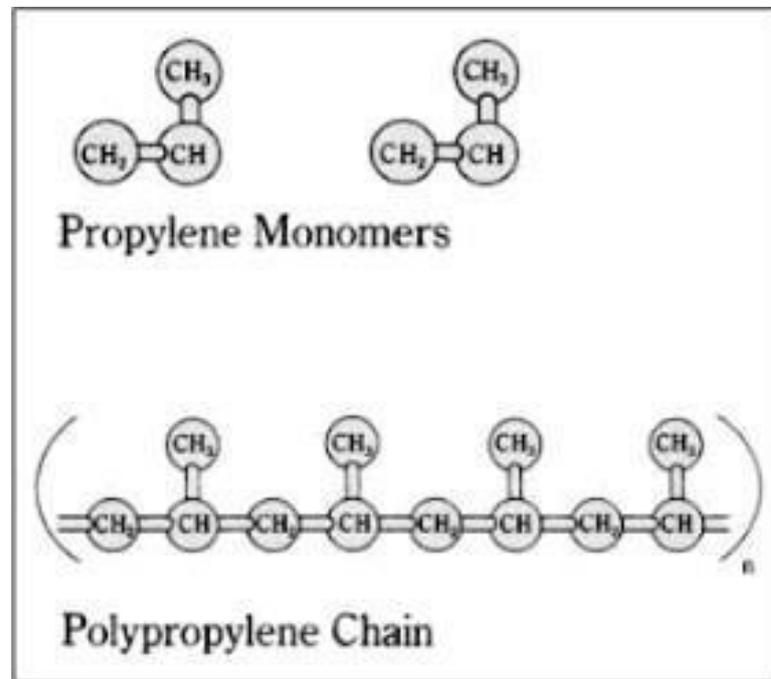
Apabila dilakukan pemanasan, *polyethylene* akan menjadi lunak dan mencair pada suhu $110^{\circ}C$. PET mempunyai kombinasi sifat kekuatan (*strength*) yang tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air.

PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi $518 - 608^{\circ}F$, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02%) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan. Penggunaan PET sangat luas yaitu digunakan sebagai bahan pembuat botol-botol untuk air mineral, *soft drink*, kemasan sirup, saus, selai, dan minyak makan (Mujiarto, 2005).

Menurut Surdia dan Saito (2005), sifat khas polimer sangat berubah oleh perubahan temperatur. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena termal akan mengubah molekul atau merubah struktur (terutama struktur yang berdimensi besar

2.10 Plastik *Polypropylene* (PP)

Polypropylene merupakan salah satu jenis plastik *crystalline thermoplastic* dan merupakan anggota dari *polyolefins family* (*alkenes*). Struktur monomernya adalah $H_2C = CHCH_3$ dengan rumus kimia $(C_3H_6)_n$.



Gambar 5 Struktur monomer dan polymer plastik PP

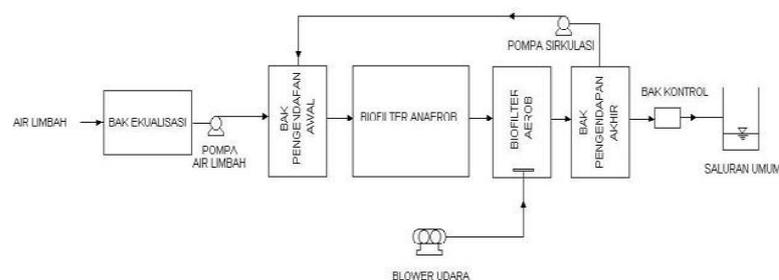
Plastik PP diproduksi pertama kali oleh PP. Robert Banks dan J. Paul yang bekerja di perusahaan Philips. *Polypropylene* dengan kode daur ulang plastik nomor 5, merupakan salah satu plastik terkuat dan ringan dari yang lainnya. Hingga saat ini produksinya mencapai 30% dari produksi produk polymer didunia. Sifatnya yang tahan lama, daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi, lentur, keras, mengkilap dan resisten terhadap lemak menjadikannya banyak dipakai untuk produk sekali pakai. Plastik ini biasanya digunakan untuk bungkus *snack* makanan, sedotan, mainan, tali, tutup botol minuman dan obat hingga alat rumah tangga seperti ember. Adapun sifat plastik PP sebagai berikut :

1. Plastik PP memiliki ketahanan panas yang sangat baik, produk disimpan pada suhu $120^{\circ}C$ tetapi tetap tidak terpengaruh. Jadi wadah makanan plastik bisa disimpan di *microwave*, dipanaskan kembali, atau disimpan di lemari es;

2. Tahan air dan anti air sehingga tidak ada korosi atau abrasi untuk lini produk ini;
3. Plastik PP memiliki kekuatan dan kekerasan sobek yang sangat baik, tidak robek dan meregang seperti plastik PET, ketahanan benturan yang baik;
4. Permukaan plastik PP atau plastik PP mengkilap, halus, sangat *anti-fouling*, mudah dibersihkan;
5. Karena keamanannya yang tinggi, plastik PP memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan, terutama pada produk makanan dan minuman.

2.11 Kriteria Desain

Kriteria perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan proses biofilter anaerob – aerob meliputi kriteria perencanaan bak pengendap awal, reaktor biofilter anaerob, reaktor biofilter aerob, bak pengendap akhir, sirkulasi serta desain beban organik. Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob – aerob secara umum ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob – aerob

Seluruh air limbah dikumpulkan dan dialirkan ke bak penampung atau bak ekualisasi, selanjutnya dipompa ke bak pengendapan awal. Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke reaktor anaerob. Di dalam reaktor anaerob tersebut diisi dengan media dari bahan plastik berbentuk sarang tawon. Jumlah reaktor anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik dan fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.

Air limpasan dari reaktor anaerob dialirkan ke reaktor aerob. Di dalam reaktor aerob ini diisi dengan media dari bahan plastik sarang tawon (*honeycomb tube*), sambil di aerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amoniak menjadi lebih besar.

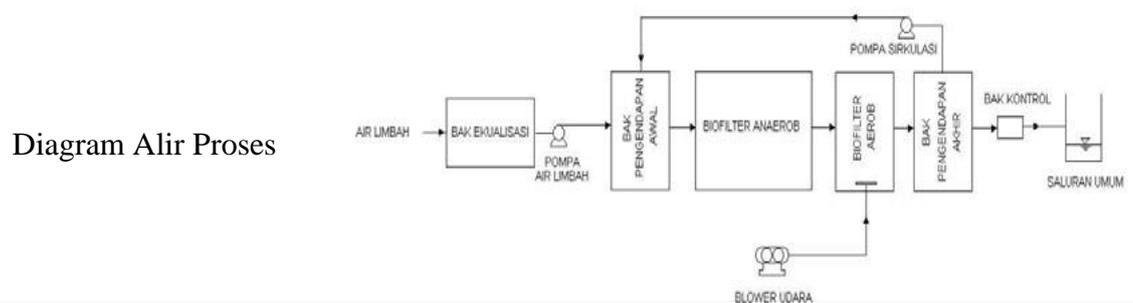
Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendapan akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan (*overflow*) dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak kontak khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen.

Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD dan COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (TSS), *phospat* dan lainnya.

Secara garis besar kriteria perencanaan IPAL biofilter anaerob – aerob dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria perencanaan biofilter anaerob – aerob

BIOFILTER ANAEROB - AEROB



Parameter Perencanaan	
Bak Pengendapan Awal	1. Waktu tinggal (<i>retention time</i>) rata-rata = 3 - 5 jam
	2. Beban permukaan = 20 - 50 m ³ /m ² .hari.(JWWA)

Tabel 2 Kriteria perencanaan biofilter anaerob – aerob (lanjutan)

BIOFILTER ANAEROB - AEROB	
Biofilter Anaerob	1. Beban BOD per-satuan permukaan media (L_A) = 5 – 30 g BOD/m ² .hari (Morikita S. K. K, 1992)
	2. Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m ³ media (Nusa I. S, 2002)
	3. Waktu tinggal total rata-rata = 6 - 8 jam
	4. Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
	5. Tinggi <i>bed media</i> pembiakan mikroba = 1,2 m
	6. Tinggi air di atas <i>bed media</i> = 20 cm
Biofilter Aerob	1. Beban BOD per-satuan permukaan media (L_A) = 5 – 30 g BOD/m ² .hari (Morikita S. K. K, 1992)
	2. Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m ³ media (Nusa I. S, 2002)
	3. Waktu tinggal total rata-rata = 6 - 8 jam
	4. Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
	5. Tinggi <i>bed media</i> pembiakan mikroba = 1,2 m
	6. Tinggi air di atas <i>bed media</i> = 20 cm
Bak Pengendap Akhir	1. Waktu tinggal (<i>retention time</i>) rata-rata = 2 – 5 jam
	2. Beban permukaan (<i>surface loading</i>) rata-rata 10 m ³ /m ² .hari
	3. Beban permukaan = 20 m ³ /m ² .hari
Ratio Sirkulasi (<i>Recycle Ratio</i>)	25 – 50%
Tipe	Sarang tawon (<i>cross flow</i>)
Material	PVC <i>sheet</i>
Ketebalan	0,15 – 0,23 mm
Luas Kontak Spesifik	150 – 266 m ² /m ³
Diameter Lubang	2 cm x 2 cm
Berat Spesifik	30 – 35 kg
Porositas Rongga	0,98

Sumber: Pedoman Teknis IPAL, 2011

Porositas reaktor, yaitu perbandingan total volume kerja reaktor setelah diisi material penyangga tetap dengan total volume reaktor sebelum diisi material penyangga tetap, dinyatakan dalam persen (%). Porositas besar akan semakin baik karena tidak akan menyebabkan penyumbatan dalam proses, apabila limbah yang akan diolah mempunyai konsentrasi partikulat yang tinggi.

2.12 Penelitian Terdahulu

Tabel 3 Penelitian terdahulu

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
1.	Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Anaerob	Elly Y. S. (2006)	Tesis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui pengaruh jarak sekat (hidrodinamika) paa reaktor anaerob terhadap efisiensi penurunan konsentrasi COD limbah 2. Mengetahui pengaruh berbagai variasi waktu tinggal dalam reactor anaerob dan aerob terhadap efisiensi penurunan konsentrasi COD limbah 3. Mengetahui pengaruh volume lumpur aktif terhadap efisiensi penurunan konsentrasi COD limbah
2.	Pengaruh Biofilm Terhadap Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak dari Limbah Pengolahan Ikan Menggunakan <i>Trickling Filter</i>	Arik A. dkk (2016)	Jurnal Ilmiah	Untuk mengetahui pengaruh sistem pengolahan anaerobik – aerobik terhadap penurunan BOD ₅ , COD dan TSS, serta efisiensi pengolahan yang dipenagruhi oleh perlakuan waktu tinggal hidrlis dan mengetahui waktu tinggal hidrolis yang optimal
3.	Sistem Anaerobik – Aerobik pada Pengolahan Limbah Industri Tahu untuk Menurunkan Kadar BOD ₅ , COD dan TSS	Bambang R. dkk (2018)	Jurnal Ilmiah	Untuk mengetahui pengaruh sistem pengolahan anaerobik – aerobik terhadap penurunan BOD ₅ , COD dan TSS, serta efisiensi pengolahan yang dipenagruhi oleh perlakuan waktu tinggal hidrlis dan mengetahui waktu tinggal hidrolis yang optimal

Tabel 3 Penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
4.	Penurunan Kadar COD dan TSS Limbah Tahu Menggunakan <i>Effective Microorganism-4</i> (EM ₄) secara Aerob	Kartika L. dkk (2016)	Jurnal Ilmiah	Untuk mengetahui kadar BOD, COD dan TSS limbah tahu dengan pengolahan limbah menggunakan aktivator <i>effective microorganism-4</i> (EM ₄) secara aerob
5.	Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Biofilter	Auliya A. (2020)	Skripsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kondisi eksisting industri tahu Bunga Indah di Desa Batoh, Banda Aceh terkait dengan limbah cair 2. Mengetahui kemampuan pencemar ditinjau dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah bagi Industri Tahu
6.	Kajian Kombinasi <i>Anaerob Baffled Reactor</i> (ABR) – <i>Anaerobic/Aerobic</i> (Af) untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe	Lucky C. (2016)	Skripsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengkaji pengaruh perubahan variasi konsentrasi limbah terhadap kinerja sistem kombinasi ABR-AF secara anaerobik dan aerobik 2. Menentukan efisiensi <i>removal</i> pada kombinasi ABR-AF yang digunakan untuk mengolah limbah cair industri tempe
7.	Air Limbah Domestik dengan Alternatif Media Biofilter (Studi Kasus Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya)	Arga S. (2015)	Skripsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendesain bangunan pengolahan air limbah domestik bak ekualisasi dan anaerobik biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya 2. Menghitung <i>Bill of Quantity</i> (BOQ), menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan dan biaya operasi serta pemeliharaan dari bangunan pengolahan air limbah domestik dengan bak ekualisasi, unit bak pengendapan anaerobik biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya

Tabel 3 Penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
8.	Pengolahan Limbah Tahu secara Anaerobik – Aerobik Kontinyu	Abas S. dkk (2015)	Jurnal Ilmiah	Untuk mendapatkan hasil pengolahan limbah tahu agar memenuhi standar buangan ke lingkungan serta mengembangkan konsep pengolahan limbah yang sederhana dan ekonomis sehingga dapat diterapkan kepada masyarakat luas
9.	Penggunaan <i>Bioball</i> dan Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i>) sebagai Biofilter Aeroik pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga	Ayu P. dkk (2020)	Jurnal Ilmiah	Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu tinggal untuk mendapatkan efisiensi penyisihan yang paling besar. Selain itu akan dilihat pula bagaimana perbedaan antara masing-masing proses pengolahan efisiensi penyisihan parameter pencemar berdasarkan variasi waktu tinggal untuk BOD ₅ mencapai 65%, untuk COD mencapai 29,21% dan TSS mencapai 39,50%
10.	Studi Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Penyisihan Parameter BOD, COD, TSS dan Lindi Menggunakan Biofilter secara Anaerob - Aerob	Bernadatte N. dkk (2012)	Jurnal Ilmiah	Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu tinggal untuk mendapatkan efisiensi penyisihan yang paling besar. Selain itu akan dilihat pula bagaimana perbedaan antara masing-masing proses pengolahan efisiensi penyisihan parameter pencemar berdasarkan variasi waktu tinggal untuk BOD ₅ mencapai 65%, untuk COD mencapai 29,21% dan TSS mencapai 39,50%
11.	Efektivitas Penambahan EM ₄ pada Biofilter Anaerob – Aerob dalam Pengolahan Air Limbah RS Unhas	Pitriani dkk (2014)	Jurnal Ilmiah	Mengetahui efektivitas penambahan EM ₄ pada biofilter anaerob – aerob dalam mereduksi kadar BOD, COD dan MPN <i>coliform</i> pada air limbah rumah sakit Unhas.

Tabel 3 Penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
12.	Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Anaerobik	Nurhasmawaty P. (2008)	Tesis	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja biofilter aerobik menggunakan media batu kerikil sebagai biofilter untuk mengolah limbah cair industri tahu
13.	Peningkatan Kualitas <i>Effluent</i> Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Sistem <i>Wastewater Double Treatment</i> (Aerob – Anaerob)	Novan B. dkk (2013)	Jurnal Ilmiah	Efektivitas <i>double treatment</i> dalam meningkatkan kadar BOD, COD, TSS serta dapat menaikkan pH
14.	Analisis Efektivitas Media Biofilter Menggunakan Plastik Bekas pada Biofilter Anaerob – Aerob dalam Pengolahan Air Limbah Tahu	Muhammad Arfan A. (2018)	Skripsi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk menganalisis uji penurunan dan efektivitas penyisihan kadar pencemar air limbah tahu yang ditinjau dari parameter BOD, COD, TSS dan amonia sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan reactor biofilter kombinasi anaerob – aerob 2. Untuk menanalisis perbandingan efektivitas dua jenis media biofilter antara media plastik botol yakult (plastik PS) dengan media plastik jilid mika film (plastik PVC) dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tahu (BOD, COD, TSS dan amonia) pada pengolahan biofilter kombinasi anaerob - aerob
15.	Studi Pengelolaan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Samili Kecamatan Woha Kabupaten Bima	Nusa I. (2001)	Jurnal Ilmiah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk mengetahui kemampuan penyisihan COD, BOD₅, TSS, amonia dan deterjen dengan menggunakan sistem biofilter gabungan bermedia sarang tawon pada setiap unit pengolahan 2. Untuk mengetahui hubungan antara fluktuasi debit terhadap penyisihan COD, BOD₅, TSS, amonia dan deterjen.