

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA
STYROFOAM DAN SILICONE PIPE**



**RIFQI ERSA RAMADHAN
D131201027**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA
STYROFOAM DAN SILICONE PIPE**

**RIFQI ERSa RAMADHAN
D131201027**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA
STYROFOAM DAN SILICONE PIPE**

RIFQI ERSA RAMADHAN

D131201027

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI
EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA
STYROFOAM DAN SILICONE

RIFQI ERS RAMADHAN
D131201027

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 26 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Ir. Nur An-nisa Putri Mangarengi, S.T., M.Sc.
NIP. 199201142021074001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob-Aerob Dengan Media Styrofoam Dan Silicone Pipe”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ir. Nur An-Nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 November 2024



Rizki Erla Ramadhan
NIM D031201027

UCAPAN TERIMA KASIH

Maha Besar Allah Subhanahu Wata'ala dengan segala keagungan dan kekuasaan-Nya yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan hingga pada hari ini, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter *Anaerob-Aerob* Dengan Media *Styrofoam* Dan *Silicone Pipe*". Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW., yang telah membawa umat manusia dari alam kegelapan ke masa yang cerah seperti saat sekarang ini.

Penelitian yang penulis lakukan dapat terlaksana dengan sukses serta dapat terampungkan dalam bentuk tugas akhir ini atas bimbingan, diskusi, dan arahan dari Ibu Ir. Nur An-Nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama bangku perkuliahan.

Teruntuk Yani'73 terimakasih sudah menjadi motivasi dan semangat penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Terimakasih untuk Lula'61 sebagai teman dekat yang telah memberikan dukungan morel, semangat, dan menjadi teman bercerita kegalauan dan kelukesaan penulis belakangan ini. Terimakasih juga untuk Uppi'37, Arga'23, Anjeli'55, Yo'21, Nisa'35, Ikka'77, Imahkadri'51, Wara'13, Nurul'58 dan tongkrongan Sucer & Gukes yang menjadi tempat hiburan saat stress. Serta teman-teman Departemen Teknik Lingkungan 2020, penulis berterima kasih atas segala cerita dan pengalaman yang kalian berikan kepada penulis selama menjalani dinamika perkuliahan. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Ir. Husain Umar dan Ermawaty Maradhy, S.Si., M.Si. selaku sponsor utama selama kuliah, yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara finansial dan moral, mendidik dan menyayangi, serta senantiasa mendoakan dan memberikan nasehat kepada penulis. Terima kasih terdalam penulis persembahkan kepada Mama dan Bapak. Berkat bimbingan kalian penulis dapat menyadari pentingnya pendidikan yang menjadi sumber semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

ABSTRAK

RIFQI ERSa RAMADHAN. **Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter *Anaerob-Aerob* Dengan Media *Styrofoam* Dan *Silicone Pipe*** (dibimbing oleh An-Nisa Putry Mangarengi).

Latar Belakang. Peningkatan penduduk Makassar meningkatkan limbah domestik yang berdampak pada lingkungan. Air limbah domestik hasil rumah tangga mayoritas dibuang tanpa pengolahan dan mencemari lingkungan. Limbah domestik mencemari air dan tanah, serta membahayakan kesehatan. Limbah domestik mengandung zat organik yang memerlukan pengolahan. Biofilter anaerob-aerob adalah teknologi pengolahan limbah yang murah dan hemat energi. Styrofoam praktis tapi sulit terurai dan berbahaya jika dibakar. Selang silikon tahan suhu dan aman digunakan. Styrofoam dan silicone pipe ideal sebagai media biofilter anaerob-aerob. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penyisihan kadar pencemar air menggunakan reaktor biofilter anaerob-aerob styrofoam dan silicone pipe, perbandingan efektivitas antar media pada reaktor, dan menganalisis pengaruh keterbasahan. **Metode.** Penelitian dilakukan dengan sistem *continue* menggunakan reaktor anaerob-aerob dengan membandingkan efektivitas media styrofoam dan silicone pipe dengan membandingkan efektivitas penyisihan pada COD, BOD, dan TSS. **Hasil.** Pengolahan air limbah domestik dengan reaktor biofilter kombinasi anaerob-aerob efektif menurunkan kadar pencemaran. Pada reaktor styrofoam (B₁) dapat menurunkan BOD hingga 4,459 mg/l, COD 72 mg/l, dan TSS 13 mg/l, dengan efektivitas BOD 44,81%, COD 81,3%, dan TSS 91,8% . Sedangkan reaktor silicone pipe (B₂) dapat menurunkan BOD hingga 4,459 mg/l, COD 104 mg/l, dan TSS 14 mg/l, dengan efektivitas BOD 44,81%, COD 72,9%, dan TSS 91,1%.. **Kesimpulan.** Proses penyisihan dengan media *styrofoam* dan *silicone pipe* yang bersifat *hydrophobic* dinilai lebih efektif dalam menurunkan kadar pencemar COD, BOD dan TSS dalam air limbah domestik.

Kata Kunci: air limbah domestik; anaerob-aerob; efektifitas penyisihan; *silicone pipe*; *styrofoam*

ABSTRACT

RIFQI ERS RAMADHAN. **The Effectiveness of Domestic Wastewater Treatment Using Anaerobic-Aerobic Biofilter with Styrofoam and Silicone Pipe Media** (Supervised by An-Nisa Putry Mangareng).

Background. The population increase in Makassar has led to a rise in domestic wastewater, impacting the environment. Most household domestic wastewater is discharged without treatment, polluting the environment. Domestic wastewater contaminates water and soil, posing health risks. It contains organic substances that require treatment. Anaerobic-aerobic biofilters offer a cost-effective and energy-efficient wastewater treatment solution. Styrofoam is practical but difficult to degrade and hazardous when burned. Silicone pipes are heat-resistant and safe to use. Styrofoam and silicone pipes are ideal as media for anaerobic-aerobic biofilters.

Objective. This study aims to evaluate the effectiveness of pollutant removal using anaerobic-aerobic biofilters with styrofoam and silicone pipe media, compare the effectiveness between the two media, and analyze the impact of wettability. **Method.** The research was conducted using a continuous system with anaerobic-aerobic reactors, comparing the pollutant removal effectiveness of styrofoam and silicone pipe media based on COD, BOD, and TSS parameters. **Results.** Domestic wastewater treatment using the combined anaerobic-aerobic biofilter was effective in reducing pollutants. The styrofoam reactor (B1) reduced BOD to 4.459 mg/l, COD to 72 mg/l, and TSS to 13 mg/l, with removal efficiencies of 44.81% for BOD, 81.3% for COD, and 91.8% for TSS. The silicone pipe reactor (B2) reduced BOD to 4.459 mg/l, COD to 104 mg/l, and TSS to 14 mg/l, with removal efficiencies of 44.81% for BOD, 72.9% for COD, and 91.1% for TSS. **Conclusion.** The removal process using hydrophobic media such as styrofoam and silicone pipes was found to be more effective in reducing COD, BOD, and TSS levels in domestic wastewater.

Keywords: anaerobic-aerobic; domestic wastewater; removal effectiveness; silicone pipe; styrofoam

DAFTAR ISI

Halaman

EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA STYROFOAM DAN SILICONE PIPE.....	i
EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB-AEROB DENGAN MEDIA STYROFOAM DAN SILICONE PIPE.....	ii
ANALISIS PENGARUH JENIS ELEKTRODA DAN WAKTU KONTAK PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL MENGGUNAKAN METODE ELEKTROFLOTASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
1.6 Teori.....	4
BAB II METODE PENELITIAN.....	26
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	26
2.2 Variabel Penelitian.....	27
2.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
2.4 Pelaksanaan Penelitian dan Pengumpulan Data	32
2.7 Teknik Analisis Data	34
2.8 Diagram Alir Penelitian	34
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	38
3.1 Karakteristik Awal Air Limbah Domestik.....	38
3.2 Kondisi Lingkungan dan Pembentukan Biofilm	40
3.3 Uji Penurunan Kadar Pencemar Air Limbah Domestik Pada Proses Running Reaktor	45
3.4 Efektivitas penyisihan pada Reaktor Bermedia styrofoam dan reaktor silicone pipe	56
3.5 Perbandingan efektivitas antara reaktor Reaktor Bermedia styrofoam dan reaktor silicone pipe	63

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	69
4.1 Kesimpulan.....	69
4.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Baku mutu air limbah domestik	9
2. Kriteria perencanaan biofilter anaerob-aerob.....	20
3. Matriks penelitian	27
4. Spesifikasi reaktor	29
5. Uji Karakteristik Awal Limbah Domestik.....	38
6. Data Observasi Kondisi Lingkungan dan Pertumbuhan Bakteri pada Reaktor Biofilter	41
7. Konsentrasi BOD Sebelum dan Sesudah Pengolahan Biofilter Media Styrofoam	45
8. Konsentrasi BOD Sebelum dan Sesudah Pengolahan Biofilter Media Silicone.....	46
9. Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan Biofilter Media Styrofoam	49
10. Konsentrasi COD Sebelum dan Sesudah Pengolahan Biofilter Media Silicone.....	50
11. Hasil analisis TSS Pengolahan Biofilter Media Styrofoam.....	53
12. Hasil analisis TSS Pengolahan Biofilter Media Silicone.....	54
13. Efektivitas Penyisihan BOD pada Reaktor Bermedia Styrofoam dan Media Silicone.....	57
14. Efektivitas Penyisihan COD pada Reaktor Bermedia Styrofoam dan Media Silicone.....	59
15. Efektivitas Penyisihan TSS pada Reaktor Bermedia Styrofoam dan Media Silicone.....	61
16. Perbandingan Penggunaan Reaktor B1 dan B2 dengan waktu	63
17. Perbedaan Antara Styrofoam dan Silicone Pipe berdasarkan sifat Wettabilitas	68

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Skema komposisi air limbah	5
2. Mekanisme proses pengembangbiakan mikroorganisme.....	11
3. Diagram pengolahan air limbah biofilter anaerob-aerob	12
4. Struktur penyusun styrofoam	14
5. Struktur atom senyawa silicon	15
6. Struktur atom senyawa silicon rubber	16
7. Hubungan fasa gas-cair-padat membentuk sudut kontak.....	17
8. Sudut kontak yang terbentuk pada uji tetes droplet dengan hidrofobitas yang berbeda	19
9. Skema proses pengolahan air limbah dengan biofilter anaerob-aerob ..	19
10. Lokasi Penelitian.....	26
11. Lokasi pengambilan sampel.....	26
12. Dimensi reaktor.....	29
13. DED tampak atas	30
14. DED potongan A-A dan B-B.....	30
15. Desain reaktor.....	31
16. Bagan Alir Penelitian.....	37
17. Grafik analisa pH di tahap seeding media styrofoam	43
18. Grafik analisa pH di tahap seeding media silicone	43
19. Grafik analisis konsentrasi BOD	47
20. Grafik analisis konsentrasi COD	51
21. Grafik analisis konsentrasi TSS	55
22. Hubungan antara Penggunaan Reaktor B1 dan B2 dengan waktu Pengamatan terhadap Efektivitas Penyisihan BOD.....	57
23. Hubungan antara Penggunaan Reaktor B1 dan B2 dengan waktu Pengamatan terhadap Efektivitas Penyisihan COD	59
24. <i>Hubungan antara Penggunaan Reaktor B1 dan B2 dengan waktu Pengamatan terhadap Efektivitas Penyisihan TSS</i>	<i>61</i>
25. Perbandingan Efektivitas Penyisihan pada Reaktor B1 dan B2	64

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Baku Mutu Air Limbah Domestik	74
2. Metode Pengujian Sampel	75
3. Hasil Pengujian Sampel.....	83
4. Perhitungan Elektron dan Gas yang Dihasilkan dalam Pengolahan	84
5. Log Book Pengujian	86
6. Dokumentasi Penelitian	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar tahun 2023 jumlah penduduk sebanyak 1.432.189 jiwa dan pada tahun 2024 telah terjadi peningkatan jumlah penduduk sebanyak 1.474.393 jiwa, hal tersebut memberikan dampak besar pada berbagai bidang terutama di bidang perumahan dan pemukiman. Kepadatan penduduk di Kota Makassar akan terus meningkat pada setiap tahunnya seiring dengan investasi yang terus berkembang di berbagai sektor. Salah satu dampak dari kepadatan penduduk tinggi adalah meningkatnya jumlah air limbah domestik yang pada umumnya langsung dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan awal. (BPS Kota Makassar, 2023, 2024)

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2020, terdapat 37,3% limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Dalam aktivitas masyarakat sehari-hari seperti mandi, memasak, dan mencuci, limbah yang dihasilkan dibuang secara langsung ke kali atau meresap ke dalam tanah. Menurut laporan Statistik Lingkungan Hidup Indonesia tahun 2020, terdapat 57,42% rumah tangga di Indonesia membuang air limbah ke sungai, kemudian 18,71% membuang limbah rumah tangga ke lubang tanah dan 10,26% membuang limbah rumah tangga ke tangki septik.

Limbah cair domestik yang dibuang tanpa diolah dapat meningkatkan pencemaran dan menurunkan kualitas lingkungan. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan ialah pencemaran air sungai yang menyebabkan kematian biota air yang hidup di dalamnya, menurunkan kualitas tanah, menyebabkan endapan lumpur, serta terjadinya sumbatan sehingga air tidak dapat digunakan secara layak. Selain itu, limbah cair domestik menimbulkan bau menyengat serta memiliki kandungan zat kimia berbahaya yang menyebabkan terganggunya kesehatan. Zat kimia berbahaya pada limbah cair domestik yang tidak diproses terlebih dahulu akan terakumulasi di badan air, sehingga bisa menimbulkan perubahan iklim, eutrofikasi dan meningkatkan kelangkaan air bersih. (Marhayuni & Faizi, 2022)

Air limbah domestik sebagian besar memiliki komposisi air (99,9%) dan sisanya yang berupa zat padat (0,1%). Zat padat yang dimaksudkan terdiri dari zat organik sebanyak 70% (seperti protein, karbohidrat, dan lemak) serta anorganik sebanyak 30% seperti pasir, garam, dan logam (Ratnawati & Ulfah, 2020). Air limbah domestik yang dibuang langsung merupakan masalah lingkungan yang kompleks dan memerlukan teknologi pengolahan yang efektif (Zhao et al., 2020).

Pengolahan air limbah domestik cenderung membutuhkan lahan yang besar serta teknologi yang memadai, sehingga biaya operasional pengolahan besar pula. Air limbah domestik memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga memerlukan sistem pengolahan biologis menggunakan bantuan mikroorganisme. Proses pengolahan air limbah domestik secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi anaerob dan aerob dengan media biofilter. Pengolahan dengan biofilter

ini merupakan teknologi pengolahan air limbah domestik rumah yang murah, mudah operasinya serta hemat energi (Nurdin et al., 2023). Beberapa media yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah media *styrofoam* dan *silicone pipe*.

Styrofoam merupakan plastik dengan bahan dasar dari polistirena. *Styrofoam* tersusun dari banyak monomer stirena melalui proses polimerasi. *Styrofoam* terdiri dari ikan karbon tinggal dan rangkap yang beresonansi (Nugraha, 2018). Styrofoam bersifat praktis, tahan terhadap panas dan dingin, dan ringan. Styrofoam dinilai kurang ramah lingkungan karena menyebabkan timbunan sampah dan membutuhkan waktu yang lama untuk proses penguraian oleh mikroorganisme dalam tanah. Pembakaran styrofoam juga berbahaya karena menghasilkan gas berbahaya, seperti *styrene*, *polyaromatic hydrocarbons* (PAHs), *hydro cloro fluoro carbon* (HCFC), dan *carbon monoksida* (CO). Limbah *styrofoam* merupakan sampah yang sulit terurai dan tidak dapat dengan mudah didaur ulang. Limbah *styrofoam* akan tetap pada bentuknya, tidak berubah atau hilang sampai akhir hidup (Irawan et al., 2018).

Selang silikon atau *silicone pipe* merupakan polimer sintetik yang terdiri dari rantai atom silikon (Si) dan oksigen (O) yang disusun secara bergantian, dengan gugus organik (seperti metil, etil, atau fenil) yang terikat pada atom silikon. Struktur dasar ini dikenal sebagai siloksan (Si-O-Si). Kombinasi ini memberikan silikon, ini memiliki sifat-sifat unik seperti fleksibilitas tinggi, ketahanan terhadap suhu ekstrem, dan inert secara kimia. Keunggulan-keunggulan ini menjadikan selang silikon pilihan unggul dibandingkan dengan material lain seperti PVC atau karet. Sifat biokompatibel dan tidak beracun dari silikon menjadikannya pilihan utama dalam aplikasi medis dan farmasi.

Limbah *styrofoam* dan *silicone pipe* dapat dimanfaatkan sebagai media biofilter anaerob-aerob. Hal ini dikarenakan styrofoam berbahan dasar dari polistirena yang sulit terurai, sedangkan silikon pipe memiliki ketahanan pada suhu ekstrem, sehingga keduanya ideal menjadi media pelekatan mikroorganisme. Untuk mengetahui tingkat efisiensi teknologi tersebut dalam menurunkan kadar pH, BOD, COD, TSS, dan Minyak dan Lemak pada air limbah domestik maka dilakukan penelitian dengan judul “Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter *Anaerob-Aerob* Dengan Media *Styrofoam* Dan *Silicone Pipe*”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil uji penurunan dan efektivitas penyisihan kadar pencemar air limbah domestik ditinjau dari parameter BOD, COD dan TSS menggunakan reaktor biofilter kombinasi anaerob-aerob dengan menggunakan media *styrofoam* dan *silicone pipe*?
2. Bagaimana perbandingan efektivitas dua jenis media biofilter antara media *styrofoam* dengan media *silicone pipe* dalam menurunkan kadar pencemar air limbah domestik (BOD, COD dan TSS) pada pengolahan biofilter kombinasi

anaerob–aerob?

3. Bagaimana pengaruh keterbasahan atau *wettabilitas* (*hydrophobic* atau *hydrophilic*) permukaan bahan polimer pada fase awal perlekatan bakteri?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut

1. Untuk menganalisis uji penurunan dan efektivitas penyisihan kadar pencemar air limbah domestik yang ditinjau dari parameter BOD, COD dan TSS sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan reaktor biofilter kombinasi anaerob–aerob dengan memanfaatkan media *styrofoam* dan *silicone pipe*.
2. Untuk menganalisis perbandingan efektivitas dua jenis media biofilter antara media *styrofoam* dengan media *silicone pipe* dalam menurunkan kadar pencemar air limbah domestik (BOD, COD dan TSS) pada pengolahan biofilter kombinasi anaerob–aerob.
3. Untuk menganalisis pengaruh keterbasahan atau *wettabilitas* (*hydrophobic* atau *hydrophilic*) permukaan bahan polimer pada fase awal perlekatan bakteri.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi penulis
Sebagai bentukan kontribusi dalam menjalankan salah satu kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu melakukan penelitian sebagai syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi pendidikan
Sebagai upaya alternatif pengolahan air limbah domestik dalam usaha pengelolaan lingkungan utamanya pada air limbah.
3. Bagi masyarakat
Dapat memberikan pengetahuan bagi masyarakat mengenai pengolahan air limbah domestik dengan metode biofilter anaerob-aerob sehingga masyarakat sadar akan pentingnya pengolahan air limbah.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini, agar penulis berfokus dan terarah maka diberikan suatu batasan tertentu. Adapun batasan ini adalah:

1. Penelitian ini mengambil studi kasus pengolahan air limbah yang berasal dari limbah domestik rumah tangga yang dilaksanakan dalam skala laboratorium yang terletak di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Model prototipe pengolahan air limbah domestik menggunakan bak biofilter anaerob-aerob.

3. Pengambilan sampel dilakukan langsung pada sumber pembuangan air limbah domestik.
4. Pengukuran efektifitas penyisihan zat pencemar limbah domestik menggunakan metode biofilter anaerob-aerob, dengan jenis media yaitu styrofoam dan silicone pip
5. Pengujian akhir yaitu menganalisa kadar pencemar air limbah domestik yang telah melalui proses pengolahan biofilter anaerob-aerob dalam hal ini yaitu COD, BOD, TSS, dan pH

1.6 Teori

1.6.1 Air limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Air Limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Sedangkan Supriyatno menyatakan bahwa air limbah adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain. Atau, air limbah adalah air bekas yang tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih. Berdasarkan pengertian air limbah tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa air limbah merupakan sisa hasil aktivitas manusia baik skala rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum industri maupun tempat lain yang menjadi bahan pencemar bagi lingkungan. Air limbah sebagai sumber pencemar dapat berasal dari berbagai sumber yang pada umumnya karena hasil perbuatan manusia dan kemajuan teknologi (Kadir, 2022).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan- bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Wahyudi, 2022)

Sumber Air Limbah, Menurut (Wahyudi, 2022) air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestic) maupun industri (industry) sebagai berikut :

a) Air limbah rumah tangga, terdiri dari 3 fraksi penting yaitu tinja (faeces) berpotensi mengandung mikroba patogen. Air seni (urine), umumnya mengandung nitrogen dan posfor, serta kemungkinan kecil mikroorganisme. Grey water merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. Grey water sering juga disebut dengan istilah sullage.

b) Air limbah industri, berbeda dengan air limbah rumah tangga zat-zat yang terkandung dalam air limbah industri sangat bervariasi sesuai dengan pemakaiannya di masing-masing industri. Oleh sebab itu, dampak yang diakibatkannya juga sangat bervariasi, bergantung kepada zat-zat yang terkandung di dalamnya.

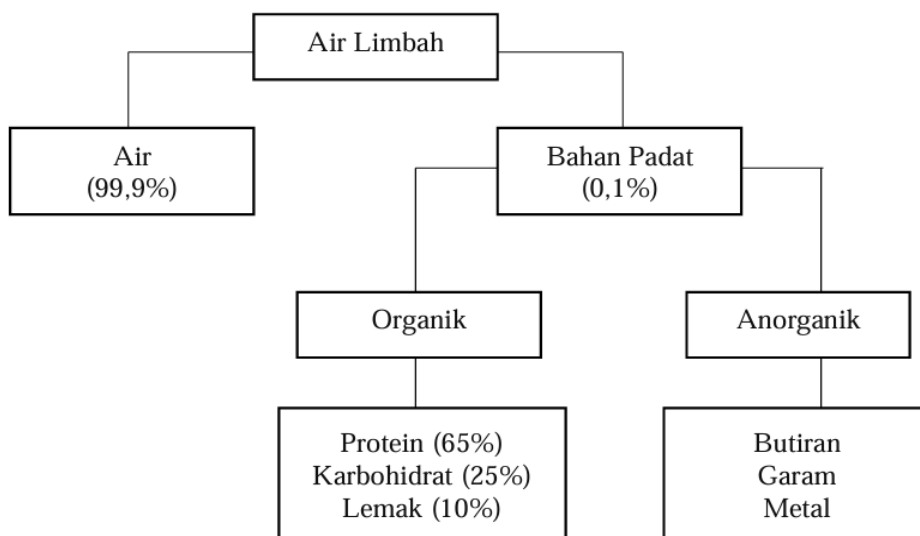
Sedangkan sumber air limbah menurut (Eddy dalam Putri 2019), sumber air limbah dibedakan menjadi 3, yaitu:

a) Air Limbah Industri adalah air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses produksi yang dihasilkan industri maupun dari proses lainnya. Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lainnya.

b) Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor atau dinding manhole, sedangkan inflow adalah masuknya aliran air permukaan melalui tutup manhole, atap, area cross connection, saluran air hujan maupun air buangan.

c) Air Limbah Domestik atau Rumah Tangga, limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan yaitu kotoran, urine dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri dan virus (Black Water) dan air limbah non toilet (Grey Water). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan. Sedangkan, air limbah non toilet yakni air limbah yang berasal dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur dan wastafel.

Komposisi Air Limbah, Menurut (Kholif, 2020) Air limbah memiliki komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Namun, secara garis besar kandungan zat yang terdapat didalam air limbah dapat dikelompokkan pada skema komposisi air limbah yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema komposisi air limbah

Gambar di atas menunjukkan bahwa sebagian besar kandungan air limbah domestik yaitu 99,9% berupa air sedangkan sisanya berupa padatan yaitu sebanyak 0,1%. Padatan yang terkandung dalam air limbah domestik terdiri dari kandungan organik sebanyak 70% dan anorganik sebanyak 30%. Kandungan organik sendiri terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak. Sedangkan untuk bahan organik terdiri dari bahan butiran, logam dan garam-garaman.

Karakteristik Air Limbah, Menurut Kepmen LH No. P.68 Tahun 2016, air limbah memiliki karakteristik fisik (bau, warna, padatan, suhu, kekeruhan), karakteristik kimia (organik, anorganik dan gas) dan karakteristik biologis (mikroorganisme).

Menurut (Metcalf & Eddy, 2014) Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut :

a) **Karakteristik Fisik**

Karakteristik fisik air limbah yang perlu diketahui adalah total solid, bau, suhu, density, warna, dan turbidity.

1. **Total Solid (TS)**

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103-105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan sludge dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

2. **Bau**

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

3. **Suhu**

Suhu ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

4. **Density**

Density adalah perbandingan anantara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai sluge/ft³ (kg/m³).

5. **Warna**

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

6. **Turbidity**

Turbidity (kekeruhan) diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama.

b) **Karakteristik Kimia**

Pada air limbah ada dua karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik dan anorganik sebagai berikut :

1. **Bahan Organik**

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian

2. Bahan Anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c) Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilitas senyawa organik.

Menurut (Wahyudi, 2022), karakteristik air limbah terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

a) Karakteristik Fisik

Karakter fisik air limbah di tentukan oleh polutan yang masuk ke dalam air limbah dan memberikan perubahan fisik pada air limbah tersebut. Karakter fisik tersebut adalah suhu, kekeruhan, warna dan bau yang disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi dan terlarut di dalamnya. Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat di pengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, bau, warna dan suhu.

b) Karakteristik kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan dengan adanya polutan dari bahan kimia (chemical). Chemical tersebut terdapat dalam bentuk terlarut dalam bentuk ion-ion dan tersuspensi dalam bentuk senyawanya. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Menurut (Suyasa 2015 dalam (Wahyudi, 2022)), bahan kimia yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat di klasifikasikan antara lain bahan organik, pH, klorida, kebasaaan, sulfur, zat beracun, protein, karbohidrat, minyak dan lemak, fenol, bahan anorganik, logam berat, metan, nitrogen, fosfor, dan gas

1.6.2 Parameter Kualitas Air Limbah Domestik

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

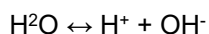
nilai dari kualitas air limbah tersebut. Parameter pencemaran air oleh air limbah domestik kegiatan rumah tangga adalah sebagai berikut:

Total Suspended Solid (TSS). Merupakan jumlah padatan yang tidak larut dalam air (padatan tersuspensi). TSS dapat menimbulkan endapan lumpur dan kondisi anaerobik apabila air limbah yang tidak diolah langsung dibuang ke badan air. Hasil uji TSS digunakan untuk menilai kinerja proses pengolahan konvensional dan kepentingan filtrasi efluen untuk kebutuhan daur ulang air.

Biochemical Oxygen Demand (BOD). Merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk oksidasi material karbon. Jika tersedia cukup oksigen, dekomposisi biologis zat organik secara aerobik dapat berlangsung hingga semua zat organik terdegradasi. Hasil uji BOD digunakan untuk menentukan kuantitas oksigen yang dibutuhkan untuk stabilisasi zat organik secara biologis, menentukan ukuran fasilitas pengolahan air limbah, mengukur efisiensi beberapa proses pengolahan, dan menentukan kesesuaian dengan baku mutu air limbah.

Chemical Oxygen Demand (COD). Menunjukkan jumlah oksigen yang setara zat organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi menggunakan dichromate dalam larutan asam. Dalam pengolahan biologis, fraksi partikulat dan terlarut dari COD dibedakan lagi menjadi readily biodegradable soluble COD, slowly biodegradable colloidal and particulate COD, nonbiodegradable soluble COD, dan nonbiodegradable colloidal and particulate COD. Tipikal rasio BOD/COD untuk air limbah domestik yang belum diolah adalah 0,3 hingga 0,8. Jika rasio dibawah 0,3 berarti air limbah mengandung komponen toksik atau dibutuhkan aklimatisasi mikroorganisme untuk stabilisasi.

pH. Merupakan konsentrasi ion hidrogen dalam air. Konsentrasi yang sesuai untuk adanya kehidupan biologis adalah 6 – 9. Air limbah dalam konsentrasi ion hidrogen yang ekstrim sulit diolah dengan proses biologis, dan jika konsentrasinya tidak diubah sebelum dibuang, efluen air limbah akan mengubah konsentrasi pada badan air. Konsentrasi ion hidrogen dalam air erat hubungannya dengan tingkat molekul air yang terdisosiasi. Air akan terdisosiasi menjadi hidrogen dan ion hidroksil seperti berikut ini:



1.6.3 Baku Mutu Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. maka parameter kunci untuk air limbah domestik adalah pH, Biological Oxygen Demand

(BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) dan Minyak atau lemak (Permen LHK, 2016).

Tabel 1. Baku mutu air limbah domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	Mg/L	30
COD	Mg/L	100
TSS	Mg/L	30
Minyak & Lemak	Mg/L	5
Amoniak	Mg/L	10
Total Colifomr	Jumlah/ 100mL	3000

Sumber : Permen LHK No 68 Tahun 2016

Berdasarkan Peraturan Pemerintahan No. 20 Tahun 2012 tentang Pengolahan Lingkungan Hidup, klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi empat golongan yaitu:

1. Golongan I, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air murni secara langsung tanpa diolah terlebih dahulu.
2. Golongan II, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga dan lainnya.
3. Golongan III, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan IV, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, untuk usaha perkotaan, industri dan listrik tenaga air.

1.6.4 Bak Biofilter Aerob-Anaerob

Biofilter Anaerob dan Aerob, merupakan salah satu proses pengolahan air limbah secara biologis dan juga merupakan sistem kombinasi biofilter anaerob dan biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan blower udara dan dapat menurunkan polutan organik (BOD,COD dan padatan tersuspensi (TSS) dengan beban yang sangat tinggi. Agar hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO₂), dan air (H₂O), amonia akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H₂S akan diubah menjadi sulfat. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob-

aerob maka akan dapat dihasilkan air olahan dengan kualitas yang baik dengan menggunakan konsumsi energi yang lebih rendah (Said, 2017).

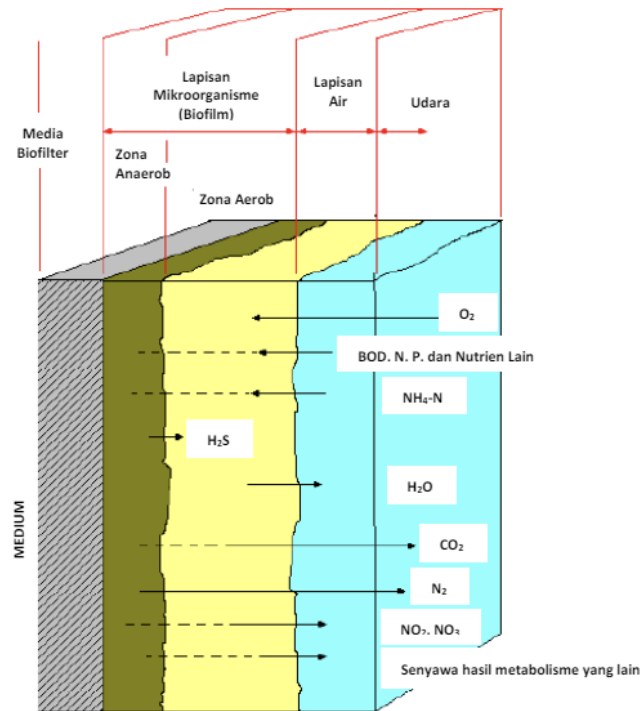
Dalam prosesnya, biofilter dijalankan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam dua tahap reaktor biologis yang masing-masing sudah diisi dengan media penyangga sebagai tempat mikroorganisme berkembang biak. Dalam proses biofilter anaerob, limbah dialirkan ke dalam reaktor tertutup tanpa ada proses memasukan udara kedalamnya, dan setelah beberapa hari beroperasi, media akan ditumbuhi oleh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik. Dalam proses biofilter anerob ini penguraian zat-zat organik yang ada dalam limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik dan fakultatif aerobik. Untuk proses biofilter aerob, reaktor juga diisi dengan media dan air limbah sambil diaerasi, sehingga mikroorganiseme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Hal tersebut membuat limbah mengalami kontak dengan mikroorganisme yang teruspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik. Proses pengolahan limbah cair dengan proses biofilter kombinasi ini memiliki beberapa keunggulan yaitu :

1. Dapat mengurangi konsentrasi zat organik dengan beban yang cukup besar, dapat juga mengurangi kadar padatan tersuspensi (SS), detergen (MBAS), amoniak/amonium, dan fosfor. Dan degan mengkombinasikan proses anaerob-aerob dapat menigkatkan efisiensi penghilangan senyawa fosfor menjadi lebih besar dibandingkan dengan menggunakan salah satu proses saja.
2. Sistemnya tergolong sederhana, pengoperasiaannya mudah, biaya operasinya rendah, tidak memerlukan lahan yang luas, dan tidak membutuhkan banyak energi. Sistem ni tergolong cocok untuk pengolahan dengan kapasitas yang tidak terlalu besar
3. Dalam prosesnya, hasil akhir berupa lumpur yang dihasilkan relatif sedikit jika dibandingkan dengan proses lumpur aktif.

Material media yang digunakan dalam proses biofilter umumnya berupa bahan organik atau anorganik. Media biofilter yang berasal dari bahan anorganik biasanya berbentuk tali, jaring, papan, bioball dan batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya. Dan untuk media anorganik biasanya berbentuk batuan pecah, kerikil, marmer (Said, 2017) Media yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Media bioball mempunyai keunggulan yaitu mempunyai luas spesifik yang cukup besar dibandingkan dengan jenis media biofilter lainnya, yaitu sebesar 200-240 m²/m³, pemasangannya mudah (random), sehingga untuk paket instalasi kecil sangat sesuai. Selain itu, media bioball juga mudah dicuci ulang, ringan, mudah didapatkan dan harga per unit luas permukaannya murah, sehingga memenuhi kriteria pemilihan media biofilter (Said, 2017)

Proses Biofilter. Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk mengembangkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara

aerobik dijelaskan pada Gambar 2 yang menunjukkan sistem biofilm yang terdiri dari media penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan udara. Senyawa polutan yang ada dalam air limbah, seperti senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor, dan lainnya, akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium.

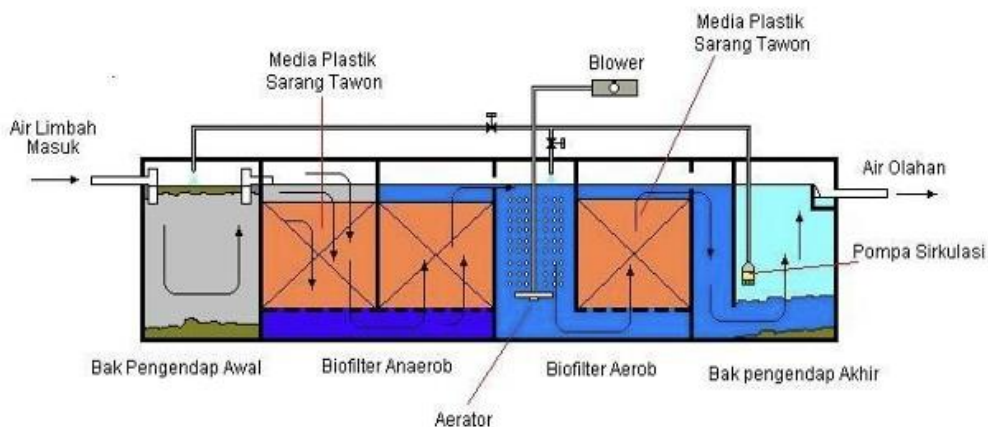


Sumber : Kemenkes RI, 2011

Gambar 2. Mekanisme proses pengembangbiakan mikroorganisme

Pada saat yang bersamaan, dengan bantuan oksigen terlarut, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada pada lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm pada 16 sistem biofilter tercelup dapat dilakukan dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi. Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H_2S , dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada pada biofilm. (Kemenkes RI, 2011)

Prinsip kerja IPAL Biofilter Anaerob-aerob. Diagram proses pengolahan air limbah dengan biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : Said,2017

Gambar 3. Diagram pengolahan air limbah biofilter anaerob-aerob

Seluruh air limbah dialirkan ke bak ekualisasi, selanjutnya dipompa ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan bahan organik tersuspensi. Bak pengendap awal juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, serta penampung dan pengurai lumpur.

Selanjutnya air limpasan dari bak pengendap awal, selanjutnya dialirkan ke biofilter anaerob. Didalam biofilter tersebut diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon. Biofilter anaerob terdiri dari dua ruangan. Penguraian zat-zat organik dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari beroperasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan biofilm. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal.

Air limpasan biofilter anaerob dialirkan ke biofilter aerob. Dalam biofilter aerob ini diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon, sambil diberikan aerasi sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Air limbah akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media, hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen, dan mempercepat proses nitrifikasi sehingga efisiensi penghilangan ammonia menjadi lebih besar. Proses ini dinamakan aerasi kontak (contact aeration).

Selanjutnya, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Dalam bak pengendap akhir sebagian air limbah dipompa kembali ke bagian inlet biofilter aerob dengan pompa resirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dialirkan ke bak kontrol dan selanjutnya dialirkan ke bak kontraktor klor untuk proses desinfeksi. Proses desinfeksi bertujuan membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan/ dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Kombinasi proses anaerob dan aerob dapat menurunkan zat

organik (BOD dan COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (ss), fosfat, dan lainnya.

1.6.5 Efektifitas Penyisihan 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 0o 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:

- Beban BOD per – satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g BOD/m². hari (EBIE Kunio, “Eisei Kougaku Enshu”, Morikita Shuppa Kabushiki Kaisha, 1992
- Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m³ media (menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002)
- Pebandingan dimensi reaktor dan media biofilter sebesar 40% dari total reaktor (menurut Dindarita,dkk,2017)

Perhitungan untuk memperoleh nilai efisiensi adalah sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dimana :

- a : nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS pada saat sebelum di olah untuk masing-masing perlakuan
- b : nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS pada saat sebelum di olah untuk masing-masing perlakuan

1.6.6 Jenis Media

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau anorganik. Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaan semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi lebih kecil. Jika terjadi penyumbatan maka dapat terjadi aliran singkat (short pass) dan juga

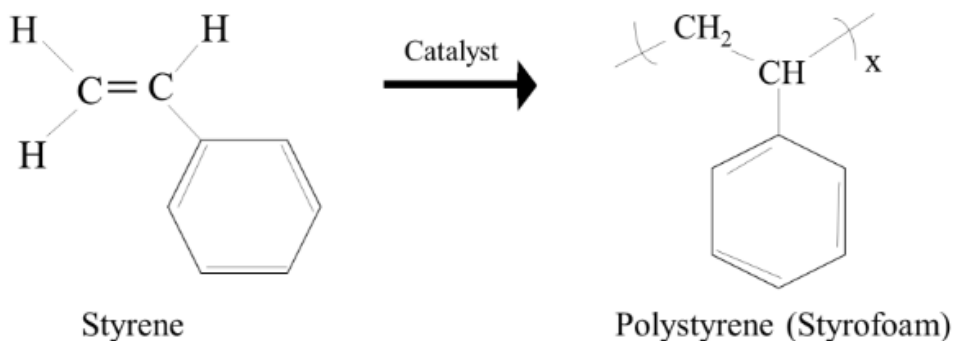
terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun drastis (Said & Ruliasih, 2015).

Media biofilter dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat meletakkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar (Kemenkes RI, 2011).

Di dalam prakteknya ada beberapa kriteria media biofilter ideal yang perlu diperhatikan, antara lain yaitu:

- Mempunyai luas permukaan spesifik besar
- Mempunyai fraksi volume rongga tinggi
- Diameter celah bebas besar (large free passage diameter)
- Tahan terhadap penyumbatan
- Dibuat dari bahan inert
- Harga per unit luas permukaan murah
- Mempunyai kekuatan mekanik yang baik
- Ringan
- Fleksible
- Pemeliharaan mudah
- Kebutuhan energi kecil
- Mereduksi cahaya (menghalangi cahaya masuk ke media)
- Memiliki sifa hidrophilic (suka terhadap air, tidak berminyak, tidak licin)

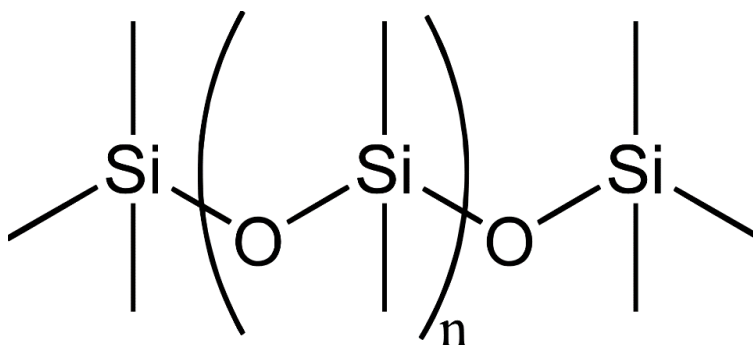
Styrofoam. Styrofoam merupakan suatu polimer yang terkomposisi dari polystyrene (PS). Styrofoam adalah nama lain dari expanded polystyrene (EPS) yang terdiri dari 5% polystyrene (PS) dan 95% udara. Styrofoam umumnya digunakan sebagai bahan isolator dan kemasan untuk peralatan listrik rumah tangga. Styrofoam masih tergolong salah satu jenis plastik yang berbahan dasar dari polystyrene yang termasuk bahan polimer sintetis dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ dengan struktur kimia yang terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur penyusun styrofoam

Polystyrene (PS) merupakan jenis plastik urutan ke enam dari tujuh jenis diantaranya: 1) polyethylene terephthalate (PET), 2) high density polyethylene (HDPE), 3) polyvinyl chloride (PVC), 4) low density polyethylene (LDPE), 5) polypropylene (PP), 6) polystyrene (PS), 7) polycarbonate (PC) [17,18]. Styrofoam adalah salah satu produk polimer plastik yang sangat susah untuk terurai. Styrofoam pada umumnya digunakan untuk pembungkusan bahan-bahan seperti barang elektronik rumah tangga dan juga kerajinan tangan, dekorasi dan lain-lain. Styrofoam dihasilkan dari beads polystyrene yang sangat kecil dengan berat molekulnya antara 160.000 sampai 260.000 gr/mol dan terdiri dari 4% sampai 7% blowing agents, biasanya pentana atau butane.

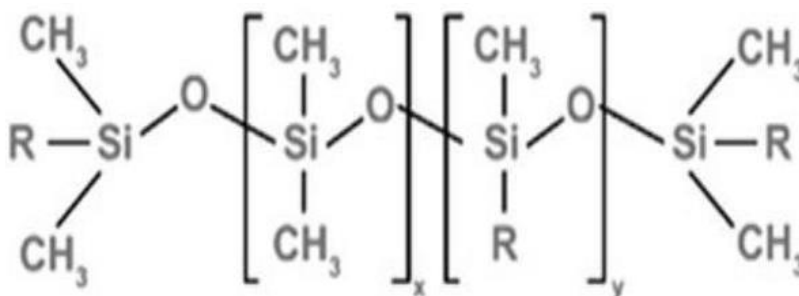
Silicone pipe. Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Si dan nomor atom 14. Senyawa yang dibentuk bersifat paramagnetik. Unsur kimia yang juga disebut sebagai zat pasir ini ditemukan oleh Jöns Jakob Berzelius. Silikon merupakan unsur metaloid tetravalensi, bersifat lebih tidak reaktif daripada karbon (unsur nonlogam yang tepat berada di atasnya pada tabel periodik, tetapi lebih reaktif daripada germanium, metaloid yang berada persis di bawahnya pada tabel periodik. Kontroversi mengenai sifat-sifat silikon bermula sejak penemuannya: silikon pertama kali dibuat dalam bentuk murninya pada tahun 1824 dengan nama silisium (dari kata bahasa Latin: *silicis*), dengan akhiran -ium yang berarti logam. Meski begitu, pada tahun 1831, namanya diganti menjadi silikon karena sifat-sifat fisiknya lebih mirip dengan karbon dan boron. Silikon merupakan elemen terbanyak kedelapan di alam semesta dari segi massanya, tetapi sangat jarang ditemukan dalam bentuk murni di alam. Silikon paling banyak terdistribusi pada debu, pasir, planetoid, dan planet dalam berbagai bentuk seperti silikon dioksida atau silikat. Lebih dari 90% kerak bumi terdiri dari mineral silikat, menjadikan silikon sebagai unsur kedua paling melimpah di kerak bumi (sekitar 28% massa) setelah oksigen.



Gambar 5. Struktur atom senyawa silikon

Silicone atau karet silikon adalah elastomer (bahan mirip karet) yang terdiri dari silikon itu sendiri dan merupakan polimer yang mengandung silikon bersama dengan karbon, hidrogen, dan oksigen. Karet silikon seringkali merupakan polimer satu atau

dua bagian, dan mungkin mengandung pengisi untuk meningkatkan sifat atau mengurangi biaya. Beberapa alasan penggunaan karet silicon adalah fleksibilitas dan temperatur yang lebih luas, ketahanan yang baik terhadap kompresi, berbagai pilihan durometer, dan senyawa inert dan stabil. Rangkaian atom silicone rubber dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Struktur atom senyawa silicon rubber

Dimana R ialah metil, fenil, vinil atau trifluoroprop. Silicone rubber adalah jenis polidimetilsiloksan yang mempunyai karakteristik yang unik, yaitu elastisitas dan stabilitas termal yang tinggi. Tipe elastomer ini termasuk gugus paduan semiorganik dengan rantai utama silicone dan oksigen. Silicone rubber banyak diaplikasikan sebagai lapisan pelindung (coating) dan sebagai bahan adesif (perekat). Adapun sifat fisis dan kimia silicone rubber adalah keuletan yang tinggi, tidak beracun, tahan terhadap sinar UV, biocompatible, fleksibilitas tinggi, konduktivitas listrik tinggi, biaya rendah dan kemudahan fabrikasi.

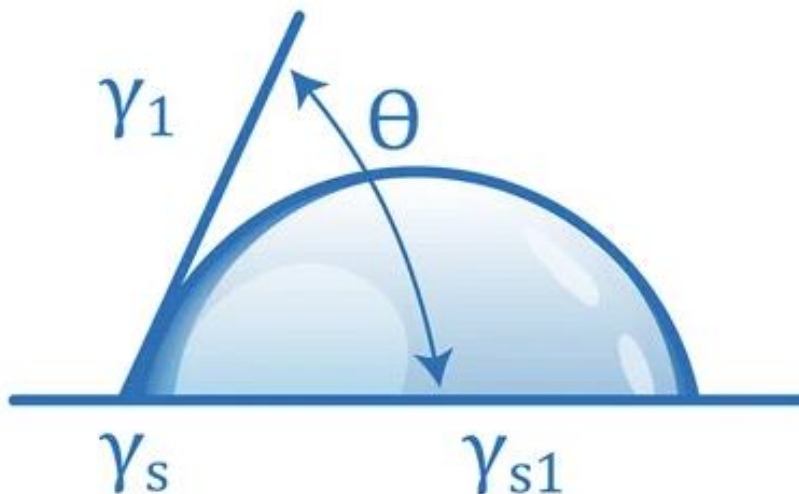
1.6.7 Sudut Kontak

Sudut kontak didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk dari dua garis, dimana garis pertama adalah batas antara udara dan zat cair yang ditetaskan dan garis kedua merupakan batas yang terbentuk antara zat cair dan zat padat yang ditetesi. Ketika cairan ditetaskan di atas padatan pada udara terbuka, maka beberapa saat setelah ditetaskan cairan akan dalam keadaan setimbang (Gambar 7). Pada keadaan tersebut akan terbentuk sebuah sudut θ yang disebut sebagai sudut kontak sesuai dengan ilustrasi gambar berikut:

Sudut kontak berkaitan dengan tegangan permukaan dari gas, cairan, dan padatan sehingga hubungan ketiganya diperlihatkan melalui persamaan young:

$$\gamma_1 \cos \theta = \gamma_s - \gamma_{s1}$$

Dimana (γ_s) tegangan antarmuka antara padatan-udara (disebut juga energi bebas permukaan padatan), (γ_1) tegangan antarmuka cairan-udara (disebut juga tegangan permukaan), (γ_{s1}) tegangan antarmuka padatan-cairan, dan θ adalah sudut kontak (Wong and Yu, 2013).



Gambar 7. Hubungan fasa gas-cair-padat membentuk sudut kontak

Persamaan Young adalah masuk akal dan banyak digunakan, namun kesederhanaannya tampak jelas sangat menipu. Pada kenyataannya permukaan padatan mungkin sangat berbeda dari yang ideal dalam penurunan rumus fungsi di atas. Permukaan padatan sebenarnya cenderung menjadi kasar dan bahkan secara kimia bersifat heterogen. Pernyataan ini banyak yang membenarkan, bahkan untuk permukaan yang telah hati-hati disiapkan. Pada prinsipnya, baik kekasaran dan heterogenitas dapat dimasukkan ke dalam persamaan Young dalam bentuk koreksi empiris. Sebagai contoh, jika sebuah permukaan kasar, faktor koreksi β secara sederhana diberikan sebagai faktor pemberat untuk $\cos \theta$, dimana $\beta > 1$. Logika yang mendasari koreksi ini adalah sebagai berikut. Faktor $\cos \theta$ masuk ke dalam persamaan XX karena proyeksi γ_1 pada permukaan padatan berada dalam keadaan setimbang. Jika permukaannya kasar, area permukaan yang sesuai akan lebih besar, tetapi hal ini akan “dibayangi” (dengan kata lain, permukaan akan diabaikan) proyeksi, sejak persamaan XX mengasumsikan bahwa permukaannya halus.

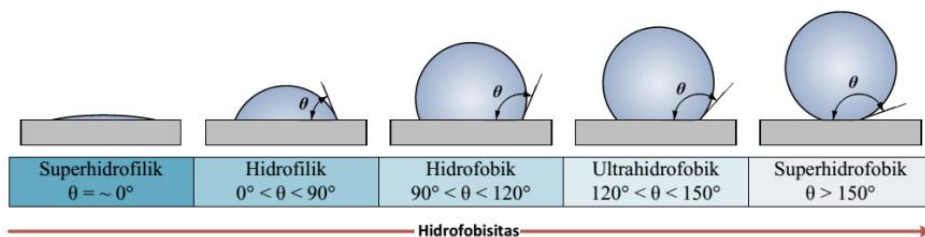
Pengukuran sudut kontak dianggap penting pada saat ini karena dapat dijadikan sebagai cara menganalisis keterbasahan. Fenomena pada permukaan seperti keterbasahan dan adhesivitas, jika sudut kontak yang diperoleh kecil, maka gaya adhesi antara cairan dan padatan besar. Jika sudut kontak yang diperoleh besar, maka gaya kohesi antar molekul cairan tersebut besar. Data yang diperoleh dari pengukuran fenomena ini dapat digunakan untuk peningkatan dan optimasi beberapa karakteristik seperti water repellency (penolakan air) pada cat dan kain,

sifat detergenitas surfaktan, dan kompatibilitas biomaterial (Dionísio dan Sotomayor, 2000; Grundke et al., 2014).

Adhesi bakteri atau perlekatan awal mikroorganisme pada permukaan media dipengaruhi oleh keterbasahan (hidrofobik atau hidrofilik) media biofilm (Liu et al., 2017; Zhang dkk., 2018). Keterbasahan sangat mempengaruhi tingkat kepatuhan mikroba awal dan interaksi dengan permukaan media. Dalam pengolahan air limbah, istilah keterbasahan adalah tingkat kemungkinan kontak antara air limbah dengan permukaan media biofilm. Pengukuran sudut kontak air (WCA) biasanya digunakan untuk mengkarakterisasi keterbasahan permukaan material (Al-Amshawee et al., 2021) dan merupakan metode terbaik untuk menentukan hidrofobisitas bakteri (Doyle, 2000). Hidrofobisitas/hidrofilisitas permukaan merupakan faktor penting untuk adhesi bakteri pada material permukaan. Bahan dengan WCA di bawah 90° bersifat hidrofilik, sedangkan bahan dengan WCA di atas 90° bersifat hidrofobik (Liu, 2022). Chavant dkk. (2002) menunjukkan pembentukan biofilm cenderung lebih cepat pada permukaan hidrofilik. Hal ini sejalan dengan penelitian lain, dimana bahan dengan sudut kontak air di atas 90° menunjukkan daya rekat mikroba yang lebih rendah (Nguyen, 2019). Untuk alasan ini, permukaan material sering dimodifikasi untuk meningkatkan adhesi bakteri (Liu, 2017). Pembawa hidrofilik biasanya memiliki permukaan energi yang lebih tinggi dari pada pembawa hidrofobik (Nguyen et al., 2019), menyiratkan bakteri di dalam air lebih mudah menempel dan berkembang pada pembawa biofilm dengan permukaan hidrofilik (Renner & Weibel, 2011). Namun, beberapa laporan memperdebatkan pengaruh keterbasahan terhadap adhesi bakteri. Peng dkk. (2018) dan Liu dkk. (2017) tidak menemukan hubungan yang konsisten antara adhesi dan hidrofobisitas suatu polimer, sementara Lackner et al. (2009) menyoroti ketidakkonsistenan di antara literatur dalam mendukung keterbasahan untuk adhesi bakteri. Hal ini menyebabkan munculnya beberapa pertanyaan mendasar yang perlu dijawab.

Ketika droplet diteteskan pada suatu permukaan maka akan terbentuk sudut kontak, yang besarnya sangat bergantung pada hidrofobisitasnya seperti ditunjukkan gambar 8. Adapun definisi sudut kontak (θ) adalah sudut yang dibentuk oleh cairan ketika diteteskan pada permukaan yang membentuk sebuah garis singgung terhadap garis kontakannya dengan sebuah garis yang melalui dasar dari cairan droplet tersebut. Berdasarkan profil tetes air dan sudut kontak yang terbentuk diklasifikasikan menjadi:

1. Super-hidrofilik ketika sudut kontak yang terbentuk mendekati 0°
2. Hidrofilik ketika sudut kontak yang terbentuk lebih kecil dari 90°
3. Hidrofobik ketika sudut kontak yang terbentuk lebih besar dari 90° dan lebih kecil dari 120°
4. Ultra-hidrofobik ketika sudut kontak yang terbentuk lebih besar dari 120° dan lebih kecil dari 150°
5. Super-hidrofobik ketika sudut kontak yang terbentuk lebih besar dari 150°

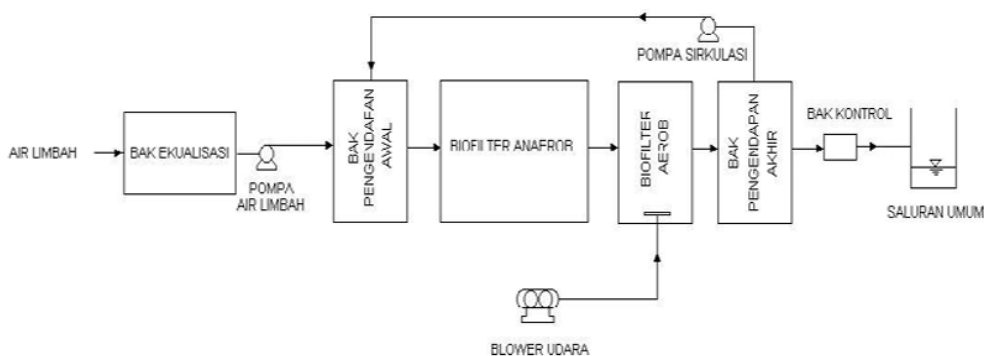


Gambar 8. Sudut kontak yang terbentuk pada uji tetes droplet dengan hidrofobitas yang berbeda

Sumber : Celia, 2013

1.6.8 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 9.



Gambar 9. Skema proses pengolahan air limbah dengan biofilter anaerob-aerob

Seluruh air limbah dikumpulkan dan dialirkan ke bak penampung atau bak equalisasi, 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 bias 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 (over flow) dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak kontaktor 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	
Flow Diagram Proses	
Parameter Perencanaan :	Waktu Tinggal (Retention Time) rata-rata = 3 - 5 Jam
Bak Pengendapan Awal	Beban permukaan = 20 – 50 m ³ /m ² .hari. (JWWA)
Biofilter Anaerob	• Beban BOD per – satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g BOD/m². hari (EBIE Kunio, “Eisei Kougaku Enshu”, Morikita Shuppa Kabushiki Kaisha, 1992) • Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m³ media (menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002) • Waktu tinggal total rata – rata = 6 – 8 Jam • Tinggi ruang lumpur = 0,5 m • Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 1,2 m • Tinggi air di atas bed media = 20 cm
Biofilter Aerob	• Beban BOD per-satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g BOD/m². hari. • Beban BOD 0,5 – 4 kg BOD per m³ media (menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002) • Waktu tinggal total rata – rata = 6 – 8 jam

	• Tinggi ruang lumpur • Tinggi bed media pembiakkan mikroba • Tinggi air di atas bed media = 0,5 m = 1,2 m = 20 cm
Bak Pengendapan Akhir	• Waktu Tinggal (Retention Time) rata – rata = 2 – 5 jam • Beban Permukaan (Surface loading) rata – rata = 10m³/m².hari • Beban Permukaan = 20-50 m³/m². Hari
Rasio Sirkulasi	• 25-50%
Media Pembiakan	
Mikroba	Sarang Tawon
Tipe	Pvc sheet
Material	0,15-0,23 mm
Ketebalan	150-226m ² /m ³
Luas kontak spesifik	2 cm * 2 cm
Diameter lubang	30-35 kg/m ³
Berat spesifik	0,98
Porositas rongga	

Sumber : Pedoman teknis IPAL, 2016

1.6.7 Studi penelitian terdahulu yang relevan

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
1	PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK KOMUNAL DI DUSUN SIDOMULYO BABAKBAWO KABUPATEN GRESIK	Farih Muhaimin Fathoni (2023)	Skripsi	Merencanakan instalasi pengolahan air limbah domestik komunal yang baik dan benar pada dusun sidomulyo babakbawo kabupaten gresik
2	DISAIN PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DAN RE-USE AIR DI LINGKUNGAN PERHOTELAN	Setiyono (2009)	Jurnal Ilmiah	Membuat disain perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan Re-use di lingkungan perhotelan

3	EVALUASI PENGGUNAAN BIOFILTER ANAEROB AEROB DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH PROVINSI NTB	Nurfitria Hariani (2018)	Skripsi	Untuk Mengevaluasi efektifitas sistem biofilter anaerob-aerob mengolah air limbah
4	STUDI PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR IMBAH KOMUNAL DI DESA KUTUWETAN, PONOROGO DENGAN SISTEM BIOFILTER ANAEROB-AEROB	Risma ariyanti (2020)	Skripsi	1. Mengetahui nilai besar debit air limbah domestik pada Desa Kutuwetan, Kecamatan Jetis, Ponorogo. 2. Mengetahui jenis kandungan air limbah pada Desa Kutuwetan, Kecamatan Jetis, Ponorogo. 3. Mengetahui dimensi tiap unit pengolahan air limbah komunal. 4. Mengetahui nilai dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perencanaan IPAL.
5	PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DAN SISTEM DAUR ULANG AIR HOTEL BUDGET DI KOTA SURABAYA	rosalina eka praptiwi (2017)	Skripsi	1. Merencanakan IPAL hotel budget menggunakan alternatif pengolahan biofilter anaerob-aerob 2. Merencanakan sistem plambing untuk pemanfaatan kembali efluen IPAL sebagai air untuk toilet flushing 3. Menghitung rencana anggaran biaya tahap konstruksi serta operasional dan perawatan IPAL 4. Menghitung rencana anggaran biaya pembangunan sistem plambing

6	PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI PASAR INDUK LAMBARO KABUPATEN ACEH BESAR	Hijrika Audia (2022)	Skripsi	1. Untuk mengetahui kualitas dan kuantitas air limbah Pasar Induk Lambaro. 2. Mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah di Pasar Induk Lambaro. 3. Menyusun Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pembangunan IPAL yang akan direncanakan.
7	ANALISA UALITAS AIR LIMBAH DOMESTIK PERKANTORAN	1. susi sulistia 2. alifya cahaya septisya (2019)	Jurnal Ilmiah	untuk mengetahui kualitas air limbah domestik di salah satu perkantoran pemerintahan di Serpong yang merupakan hasil olahan IPAL berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERMEN LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.
8	PERENCANAAN IPAL BIOFILTER ANAEROB-AEROB DI PUSKESMAS WAY HALIM KOTA BANDAR LAMPUNG	Rahmat fauzi rama dani (2022)	Jurnal Ilmiah	untuk membuat perencanaan IPAL dengan sistem Biofilter anaerob-aerob, serta memperkirakan kebutuhan biaya pembangunannya. Diharapkan hasil penelitian ini memberikan sumbangan informasi/masukan bagi Puskesmas Rawat Inap Way Halim Kota Bandar Lampung dan Dinas Kesehatan Kota Bandar Lampung dalam pengolahan air limbah khususnya puskesmas.

9	PENGOLAHAN AIR LINDI DENGAN PROSES KOMBINASI BIOFILTER ANAEROB-AEROB DAN WETLAND	1. Mochtar Hadiwidodo 2. Wiharyanto Oktiawan, 3. Alloysius Riza Primadani, 4. Bernadette Nusye Parasma, dan 5. Ismaryanto Gunawan (2012)	Jurnal Ilmiah	untuk mengetahui efektifitas dari pengolahan biofilter anaerob-aerob pada air lindi
11	PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK DENGAN METODE BIOFILTER AEROB DI PT. BHANDA GHARA REKSA (PERSERO) DIVRE VI LAMPUNG	Dwi Santoso Diah Ayu Wulandari Muhtadi Arsyat Temenggung (2022)	Jurnal Ilmiah	merencanakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik PT. Bhanda Ghara Reksa (Persero) Divre VI Lampung yang sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air
12	EFEKTIVITAS BIOFILTER ANAEROB AEROB MEDIA BATA STYROFOAM SISTEM ALIRAN KE ATAS DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, COD DAN COLIFORM PADA AIR LIMBAH RUMAH SAKIT PROF. DR. V.L. RATUMBUYSANG MANADO	1. Arland Diadon 2. Tony K. Timpua 3. Anselmus Kabuhung (2019)	Jurnal Ilmiah	untuk mengetahui efektivitas biofilter anaerob aerob media bata Styrofoam sistem aliran ke atas dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan coliform air limbah rumah sakit, untuk mengetahui hubungan debit dan waktu tinggal terhadap efektivitas biofilter anaerob aerob media bata Styrofoam dalam menurunkan kadar BOD, COD dan Coliform air limbah rumah sakit.
13	PENGUNAAN BIOBALL DAN TANAMAN KAYU APU (PISTIA STRATIOTES) SEBAGAI BIOFILTER AEROBIK PADA	Ayu Pramita • Dwi Novia Praetyanti • Dini Nur Fauziah (2020)	Jurnal Ilmiah	untuk menentukan efisiensi pengurangan BOD, TSS, dan minyak lemak dalam limbah residu yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga dengan memproses biofilter aerobik menggunakan media

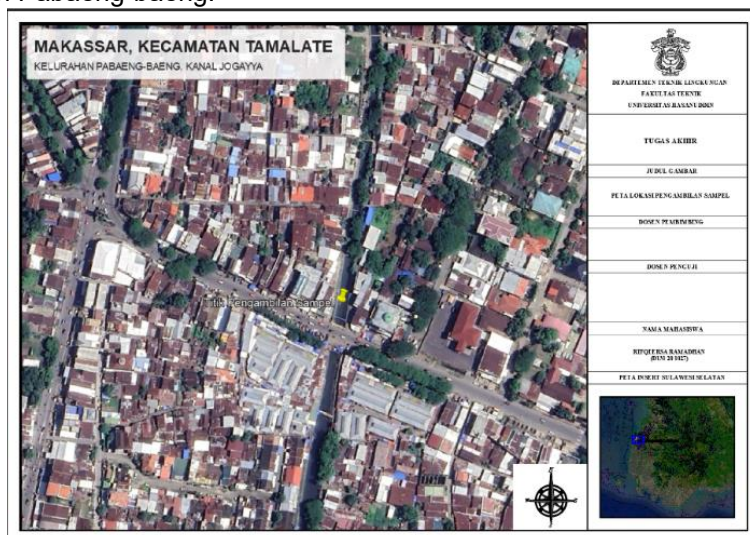
	PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA			bioball dan tanaman kayu apu.
14	EVALUASI PENGELOLAAN AIR LIMBAH DARI PROSES PRODUKSI PEMUTIH PAKAIAN MENGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB AEROB	Mubarokah Nuriaini Dewi*), Diaz Haliza , Dody Asha Firmansyah, Ilham Andreansyah, dan Samuel Armawan Sandi	Jurnal Ilmiah	untuk mengolah air limbah dengan karakteristik yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan sebelum dibuang ke badan air
15	PENURUNAN KADAR DETERGEN (LAS) DAN FOSFAT DENGAN METODE BIOFILTER AEROB- ANAEROB DAN ANAEROB-AEROB	Syafiyyah Dzikra Mirandri dan Yayok Suryo Purnomo (2021)	Jurnal Ilmiah	untuk mengetahui efektifitas dan optimalisasi pengolahan limbah laundry dalam menurunkan kadar detergen (LAS), dan fosfat dengan metode Biofilter kombinasi.

BAB II METODE PENELITIAN

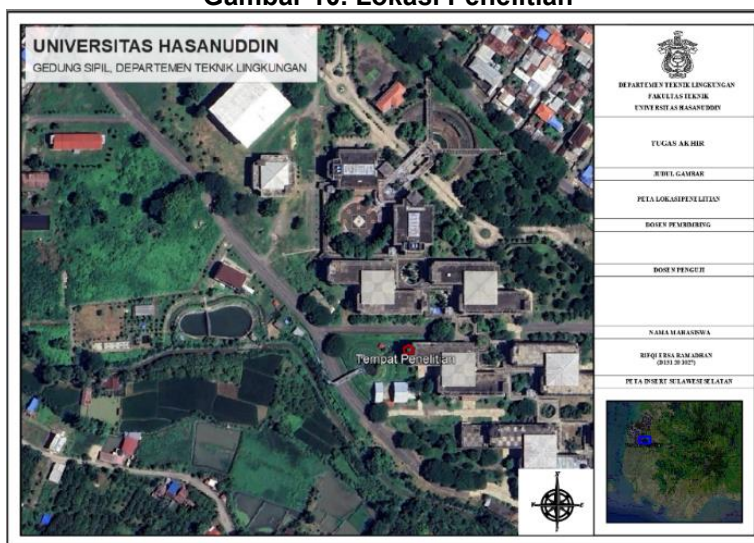
2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan mulai dari 7 Juni – 28 September 2024, pada waktu tersebut penelitian dilakukan dengan skala uji laboratorium mulai dari persiapan alat, kemudian bahan untuk merakit reaktor, hingga proses pengadukan serta pengujian dan analisis data.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Lokasi pengambilan air limbah domestik di Kelurahan Pabaeng-baeng.



Gambar 10. Lokasi Penelitian



Gambar 11. Lokasi pengambilan sampel

2.2 Variabel Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental skala laboratorium, yaitu mengadakan percobaan untuk melihat pengaruh variable yang diteliti.

2.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan atau variabel yang mampu dimanipulasi untuk menentukan fenomena yang diamati. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah jenis media biofilter, yaitu:

- a. Jenis media Biofilter (B)
 - B1 = Media Styrofoam
 - B2 = Media Silicone Pipe

2.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian, untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar BOD (biological oxygen demand), COD (chemical oxygen demand), pH dan TSS (total suspended solid) pada air limbah domestik sesuai Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

2.2.3 Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi BOD, COD, pH dan TSS yang akan selalu dijaga agar tetap konstan, meliputi debit aliran, desain reaktor, waktu tinggal dan cara kerja.

- a. Waktu Kontak (T)
 - T0 = 0 Hari
 - T1 = 1 Hari
 - T2 = 2 Hari
 - T3 = 3 Hari
 - T4 = 4 Hari
 - T5 = 5 Hari

Dari Variabel diatas diperoleh rancangan penelitian sebagai berikut:

Tabel 3. Matriks penelitian

		T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
B1	Inlet	B ₁ T ₀	B ₁ T ₁	B ₁ T ₂	B ₁ T ₃	B ₁ T ₄	B ₁ T ₅
	Outlet	B ₁ T ₀	B ₁ T ₁	B ₁ T ₂	B ₁ T ₃	B ₁ T ₄	B ₁ T ₅
B2	Inlet	B ₂ T ₀	B ₂ T ₁	B ₂ T ₂	B ₂ T ₃	B ₂ T ₄	B ₂ T ₅
	Outlet	B ₂ T ₀	B ₂ T ₁	B ₂ T ₂	B ₂ T ₃	B ₂ T ₄	B ₂ T ₅

Ket: B : Jenis dan Ukuran Media Biofilter
 T : Waktu Kontak

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa bak reaktor, pipa PVC dan penyangga alat terlebih dahulu dirangkai sebelum dilakukan proses pengolahan sampel air limbah. Adapun alat dan bahan yang digunakan diuraikan sebagai berikut:

1. Reaktor anaerob dan aerob yang digunakan memiliki dimensi sesuai pada Tabel 4.
2. 2 buah ember penampungan berfungsi mengatur debit masuk
3. Pipa PVC yang digunakan berukuran $\frac{3}{4}$
4. Sambungan "L" Pipa $\frac{3}{4}$
5. Aerator (5,6 L/menit) berfungsi menambah oksigen dalam bak
6. Pompa submersible kapasitas 7 L/menit berfungsi sebagai resirkulasi air
7. Batu aerasi (8 buah) berfungsi untuk memecah gelembung udara
8. Kran 2 buah berfungsi sebagai outlet bak
9. Media biofilter styrofoam dan silicone pipe berfungsi sebagai tempat biakan mikroorganisme
10. Cutter
11. Gelas ukur dan stopwatch
12. Jerigen 20 L

Adapun bahan yang digunakan selama penelitian adalah air limbah domestik dan aktivator bakteri (Em4).

Reaktor penelitian ini dirangkai dengan sistem biofilter anaerob–aerob sebanyak 2 buah reaktor yang masing–masing memiliki bentuk dan ukuran yang sama. Kedua reaktor ini terdiri dari 4 kompartemen/bak dengan volume efektif 47,5 liter yang terdiri atas:

1. Bak penampungan air limbah sebelum proses pengolahan.
2. Kompartemen I merupakan bak pengendapan awal, pada bak ini merupakan proses pengendapan air limbah sebelum masuk ke bak anaerob
3. Kompartemen II merupakan bak pengolahan anaerob, proses pengolahan menggunakan biofilter dengan kondisi tanpa oksigen
4. Kompartemen III merupakan bak pengolahan aerob, proses ini merupakan proses pengolahan air limbah menggunakan biofilter menggunakan oksigen (proses aerasi)
5. Kompartemen IV merupakan bak pengendapan akhir, pada bak ini merupakan proses pengendapan air limbah sebelum keluar ke bak penampungan hasil olahan
6. Bak penampungan air hasil olahan dari reactor biofilter

Pada masing–masing reaktor dipasangkan pipa PVC berdiameter $\frac{3}{4}$ " beserta valve/katup pada bak penampungan sebelum ke unit reaktor biofilter (bagian inlet) dan di bak pengendapan akhir menuju ke bak penampungan hasil olahan (bagian outlet). Pada reaktor ini dipasangkan sebuah pompa celup di bagian bak penampungan hasil olahan sehingga aliran air limbah akan kembali ke bak penampungan air sebelum pengolahan (aliran sirkular). Untuk mengoptimalkan

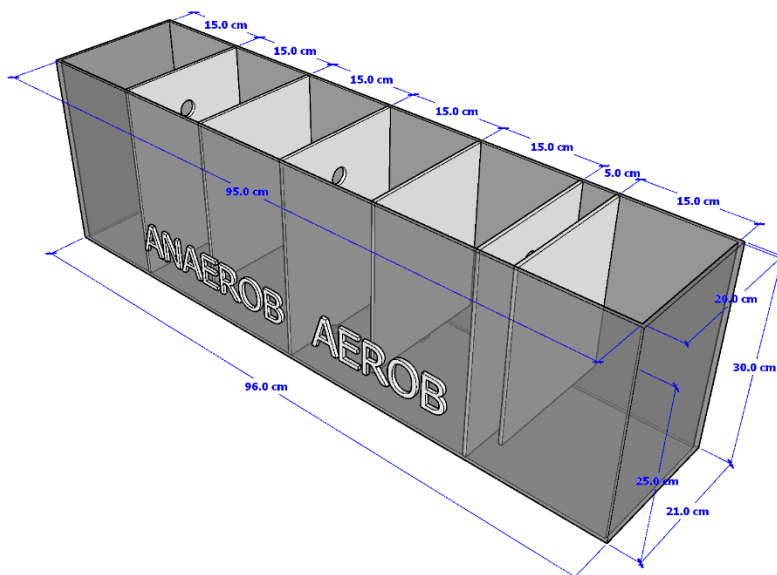
proses aerasi di bak biofilter aerob, maka kedua reaktor ini juga dipasang aerator dengan kapasitas 5,6 liter/menit.

Sebelum diisi dengan air limbah, reaktor harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi debit ini dilakukan agar volume air limbah seragam pada setiap bagian inlet dan outlet selama proses biofilter anaerob–aerob berlangsung. Tahap kalibrasi ini dilakukan dengan menentukan debit aliran pada masing–masing inlet dan outlet dengan cara membuka katup pada bukaan tertentu dan menampung air pada gelas ukur selama waktu tertentu, hingga diperoleh debit aliran yang diinginkan. Untuk spesifikasi teknis reaktor biofilter anaerob – aerob dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar .

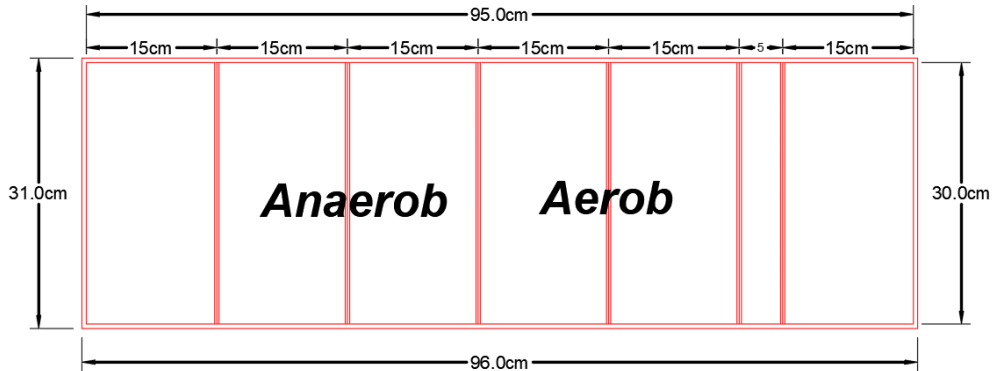
Tabel 4. Spesifikasi reaktor

Kompartemen	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Tinggi (cm)	Freeboard (cm)	Volume (cm ³)	Volume (Liter)
Bak pengendapan awal	20	15	25	5	7500	7,5
Bak biofilter anaerob	20	30	25	5	15000	15
Bak biofilter aerob	20	30	25	5	15000	15
Ruang pengaliran	20	5	25	5	2500	2,5
Bak pengendapan akhir	20	15	25	5	7500	7,5
VOLUME TOTAL						47,5

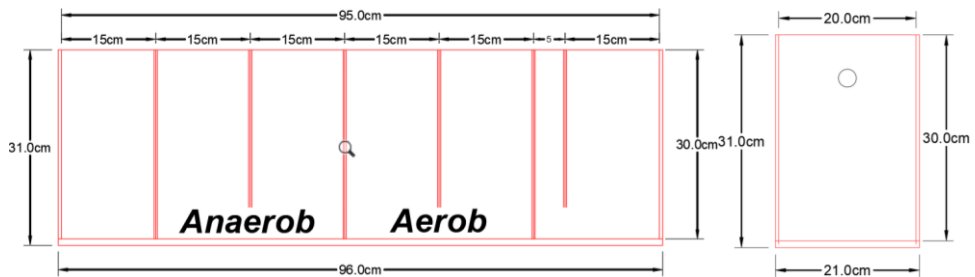
Volume Efektif Reaktor : 47,5 Liter



Gambar 12. Dimensi reaktor



Gambar 13. DED tampak atas



Gambar 14. DED potongan A-A dan B-B

Perhitungan :

$$\text{Debit Inlet} = \frac{Q_{\text{perhari}}}{\text{waktu operasional}} \quad (2)$$

$$\text{Debit Inlet} = \frac{Q_{\text{perhari}}}{\text{waktu operasional}}$$

$$\text{Debit Inlet} = \frac{Q_{\text{perhari}}}{\text{waktu operasional}}$$

$$\text{Volume efektif pengendapan awal} = p \times l \times t \quad (3)$$

$$\text{Volume efektif pengendapan awal} = 15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{Volume efektif pengendapan awal} = 7500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume efektif pengendapan awal} = 7,5 \text{ liter}$$

$$\text{Volume efektif anaerob} = p \times l \times t \quad (4)$$

$$\text{Volume efektif anaerob} = 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{Volume efektif anaerob} = 15000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume efektif anaerob} = 15 \text{ liter}$$

$$\text{Volume efektif aerob} = p \times l \times t \quad (5)$$

$$\text{Volume efektif aerob} = 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{Volume efektif aerob} = 15000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume efektif aerob} = 15 \text{ liter}$$

$$\text{Volume efektif ruang alir} = p \times l \times t \quad (6)$$

$$\text{Volume efektif ruang alir} = 5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{Volume efektif ruang alir} = 2500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume efektif ruang alir} = 2,5 \text{ liter}$$

$$\text{Volume efektif pengendapan akhir} = p \times l \times t \quad (7)$$

$$\text{Volume efektif pengendapan akhir} = 15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

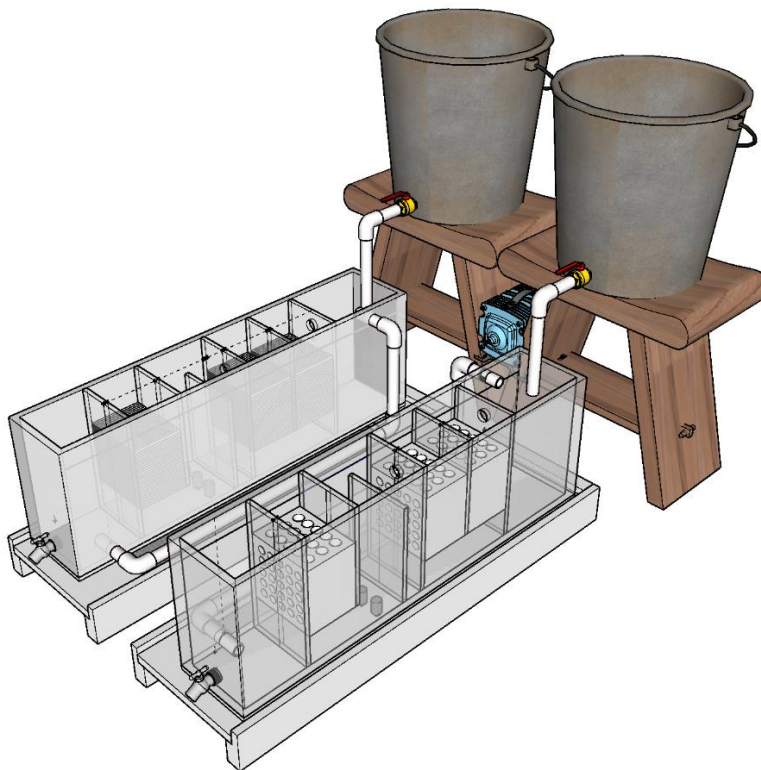
$$\text{Volume efektif pengendapan akhir} = 7500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume efektif pengendapan akhir} = 7,5 \text{ liter}$$

$$\text{Volum total reaktor} = \text{komp},1 + \text{komp},2 + \text{komp},3 + R, \text{alir} + \text{komp},4 \quad (8)$$

$$\text{Volum total reaktor} = 7,5 \text{ L} + 15 \text{ L} + 15 \text{ L} + 2,5 \text{ L} + 7,5 \text{ L}$$

$$\text{Volum total reaktor} = 47,5 \text{ L}$$



Gambar 15. Desain reaktor

2.4 Pelaksanaan Penelitian dan Pengumpulan Data

Penelitian ini berbasis kuantitatif sehingga pengumpulan data dilakukan melalui eksperimen yang menghasilkan data percobaan. Data ini dikumpulkan secara langsung di lokasi dalam kondisi yang terkontrol. Data primer ini mencakup pengujian parameter pencemar yang meliputi parameter warna dan krom total dalam air limbah industri tekstil, sesuai dengan standar yang berlaku sebelum dan setelah proses pengolahan menggunakan reaktor elektroflotasi.

2.4.1 Tahap Persiapan Limbah

Air limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah domestik yang berasal dari kanal Kelurahan Pabaeng-baeng di Kota Makassar. Pengambilan limbah dilakukan dengan sesuai dengan SNI Air dan Air Limbah–bagian 59: Metoda Pengambilan contoh Air Limbah (SNI 6989.59:2008). (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

2.4.2 Penyiapan Media Biofilter

Pada penelitian ini media biofilter yang digunakan ada 2 (dua) jenis media, yaitu media Styrofoam dan media Silicone pipe dengan pertimbangan dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan beberapa jenis media biofilter sebagai alternatif pengolahannya. Selain itu, pemilihan media biofilter bahan ini didasarkan pada pertimbangan–pertimbangan berikut ini:

- a. Media styrofoam dan media silicone pipe merupakan jenis plastik yang banyak dijumpai di Indonesia, yang telah dibentuk menjadi produk kemasan botol minum dan silicone pipe minuman ataupun barang lainnya. Jenis plastik yang digunakan ini dari hasil produk kemasan botol dan silicone pipe minuman yang sudah tidak terpakai lagi sehingga ini banyak ditemui di tempat–tempat pengepul sampah plastik.
- b. Dari segi lingkungan, pemanfaatan plastik bekas sebagai media biofilter merupakan salah satu upaya untuk mengurangi jumlah limbah plastik dan beban pencemaran lingkungan yang terjadi. Seperti yang diketahui plastik memiliki sifat sulit terdegradasi (nonbiodegradable) yang membutuhkan waktu lama untuk dapat terurai dengan sempurna sehingga pemanfaatan beberapa jenis limbah plastik ini adalah alternatif yang sangat baik dari aspek lingkungannya.
- c. Dari segi ekonomi, media styrofoam dan media silicone pipe memiliki harga yang relatif lebih murah karena pada dasarnya bahan yang digunakan ini adalah botol dan plastik bekas pakai yang bisa diperoleh dari distributor barang plastik bekas atau pengepul sampah plastik. Bahkan jenis plastik ini tidak sedikit ditemukan terbuang atau sudah tidak terpakai lagi di lingkungan perumahan, pertokoan, sekolah, ataupun kampus yang bisa diambil secara cuma-cuma.

- d. Dari segi teknis, penggunaan kedua jenis media dari bahan plastik ini tidak memerlukan perawatan khusus karena terbuat dari bahan inert yang tidak korosif dan umumnya memiliki luas permukaan spesifik yang besar dan bervariasi sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Selain itu, media bahan plastik ini dalam hal pemeliharaannya juga sangat mudah karena memiliki beban yang relatif ringan dan resiko kebuntuan atau penyumbatan yang kecil serta memiliki fleksibilitas yang baik.

2.4.3 Tahap Persiapan Bakteri (Seeding dan Aklimatisasi)

Pada saat baru dipasang, media biofilter styrofoam dan media silicone pipe biofilter styrofoam belum ada mikroorganisme yang menempel pada permukaan media. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengembangbiakan (seeding) mikroorganisme agar dapat tumbuh melekat pada permukaan media. Proses seeding ini dilakukan secara alami, yaitu mikroorganisme langsung dibiakkan di dalam reaktor dengan cara mengalirkan air limbah domestik secara kontinyu ke dalam reaktor dengan proses anaerob-aerob yang telah terisi media biofilter sampai terbentuknya lapisan biofilm pada permukaan medianya.

Seeding mikroorganisme ini dilakukan selama 32 hari dengan waktu pengamatan yakni 1 hari (24 jam) dan debit aliran sebesar 0,014 ml/detik, hal tersebut dilakukan untuk didapatkan hasil sampai terjadi kondisi stabil (steady state) yang ditandai dengan tumbuhnya lapisan biofilm dengan baik pada media biofilter. Seeding selama 32 hari dengan waktu pengamatan 24 jam ini mengacu pada penelitian Budijono, dkk (2013) dan Novita K. Wardhani (2014).

Pada awal seeding dilakukan penambahan bioaktivator berupa larutan EM4 ke dalam air limbah domestik sehingga pertumbuhan mikroorganisme (bakteri) dapat berlangsung dengan cepat. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, EM4 terlebih dahulu diaktifkan dengan cara mencampurkan 1 liter EM4 dengan 5 liter air bersih (perbandingan 1 : 20) dan ditambahkan 5 sdm gula merah cair, kemudian difermentasi selama 5 – 7 hari dalam kondisi tertutup rapat. Fermentasi tersebut dimaksudkan untuk memberikan kesempatan kepada EM4 untuk aktif dan berkembangbiak lebih banyak, sehingga mikroorganisme dapat bekerja dengan efisien dan optimal sebelum dicampurkan ke dalam limbah domestik. EM4 yang telah diaktifkan kemudian ditambahkan ke dalam reaktor biofilter dengan debit sebesar 0,014 ml/detik berdasarkan hasil perhitungan dimensi reaktor, penambahan dilakukan dengan sistem infus pada bak pengendap awal dengan dosis sebesar 5%, hal ini mengacu pada penelitian Pitriani, dkk (2014).

Setelah proses seeding selesai, dilanjutkan dengan tahap aklimatisasi yaitu proses pengadaptasian mikroorganisme yang telah dikembangkan terhadap lingkungan yang baru. Proses aklimatisasi dilakukan dalam reaktor dengan cara mengganti air limbah penampungan hasil seeding dengan air limbah domestik yang baru secara bertahap selama 9 hari dengan waktu pengamatan 24 jam, hal ini mengacu pada penelitian Said (2005) dan Astuti, dkk (2007). Penggantian dilakukan dimulai dengan perbandingan 10% air limbah domestik dengan 90% air limbah penampungan, hal ini dilakukan secara bertahap sampai penggantian 100% air

limbah domestik. Pada proses aklimatisasi lapisan biofilm yang terbentuk akan semakin tebal. Proses ini akan berakhir ketika air limbah penampungan telah menggantikan seluruhnya dengan air limbah domestik asli.

2.4.4 Proses Running

Proses running dilakukan pada hari setelah melakukan proses seeding dan aklimatisasi. Setelah 41 hari masa seeding dan aklimatisasi, dilanjutkan dengan tahap running atau pengoperasian reaktor biofilter anaerob – aerob secara kontinyu. Pada penelitian ini dilakukan pengoperasian dua reaktor sekaligus secara bersamaan dengan menggunakan jenis media biofilter yakni media styrofoam yang dirangkai membentuk sarang tawon dan media silicone pipe yang dirangkai dengan bentuk sarang tawon (honeycomb contact). Penambahan jenis media biofilter ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan efektivitas pengolahan biofilter antara kedua media tersebut.

Untuk kedua reaktor ini masing-masing terbagi menjadi beberapa zona yakni ruang pengendapan awal, zona anaerob, zona aerob, dan ruang pengendapan akhir. Air limbah domestik yang digunakan untuk penelitian ini ditampung terlebih dahulu ke dalam bak penampungan air sebelum pengolahan, kemudian dialirkan ke ruang (bak) pengendapan awal dengan mengatur debit aliran sebesar 0,014 ml/detik dengan waktu pengamatan 1 hari (24 jam). Dari ruang pengendapan awal air limbah dialirkan ke zona anaerob yang diisi dengan media styrofoam dengan bentuk sarang tawon pada reaktor pertama (B1) dan media silicone pipe dengan bentuk sarang tawon pada reaktor kedua (B2). Arah aliran pada zona anaerob adalah dari atas ke bawah (down flow). Selanjutnya, air limpasan dari zona anaerob tersebut dialirkan ke zona aerob yang juga diisi dengan media styrofoam dan media silicone pipe dengan arah aliran dari bawah ke atas sambil diaerasi dengan menggunakan aerator atau pompa udara. Air yang keluar dari zona aerob, selanjutnya dialirkan ke ruang pengendapan akhir. Air limpasan dari ruang pengendapan akhir merupakan air hasil pengolahan.

Pada penelitian ini, pengoperasian reaktor biofilter anaerob – aerob dilakukan selama 6 hari secara kontinyu dengan debit air limbah disesuaikan dengan pemilihan waktu pengamatan yakni 1 hari (24 jam), hal ini mengacu pada penelitian Amri dan Wesen (2015). Proses pengolahan limbah dimulai dari hari ke 41 sampai dengan hari ke 47. Proses pengolahan ini dilakukan dengan sistem kontinyu dengan pengambilan sampel setiap 1 hari sampai hari ke 6, hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata dari kedua percobaan yang dilakukan dan juga untuk memperoleh data yang lebih akurat.

2.5 Teknik Analisis Data

2.5.1 Teknik Analisa kualitas air

Dengan menggunakan data yang dihasilkan dari pengujian sampel yang telah diberikan perlakuan pada proses anaerob dan aerob data kemudian disajikan pada

tabel untuk melihat perubahan yang terjadi dari kondisi kadar awal COD, BOD dan TSS pada air limbah hasil domestik kelurahan pabaeng-baeng dengan kadar COD, BOD dan TSS dalam air limbah domestik setelah diberikan perlakuan.

Pada penelitian ini menggunakan teknik statistik deskriptif yang merupakan statistik menggunakan metode pengumpulan pengolahan, analisis, dan penyajian data, bentuk statistik ini pada umumnya menyajikan hasil dalam bentuk tabel, grafik, diagram, modus, dan sebagainya.

Untuk melihat efisiensinya maka hasil dari penurunan di ubah menjadi persen agar mudah diketahui berapa persen kemampuan pengolahan anaerob - aerob ini mengabsorbsi kadar COD, BOD dan TSS yang terdapat di dalam air limbah domestik. Penelitian ini juga menggunakan metode analisis data statistik untuk mengetahui efisiensi pengolahan anaerob - aerob terhadap penurunan kadar COD, BOD dan TSS pada air limbah domestik pada kelurahan pabaeng-baeng, kota Makassar.

2.5.2 Teknik Analisa pertumbuhan mikroorganisme

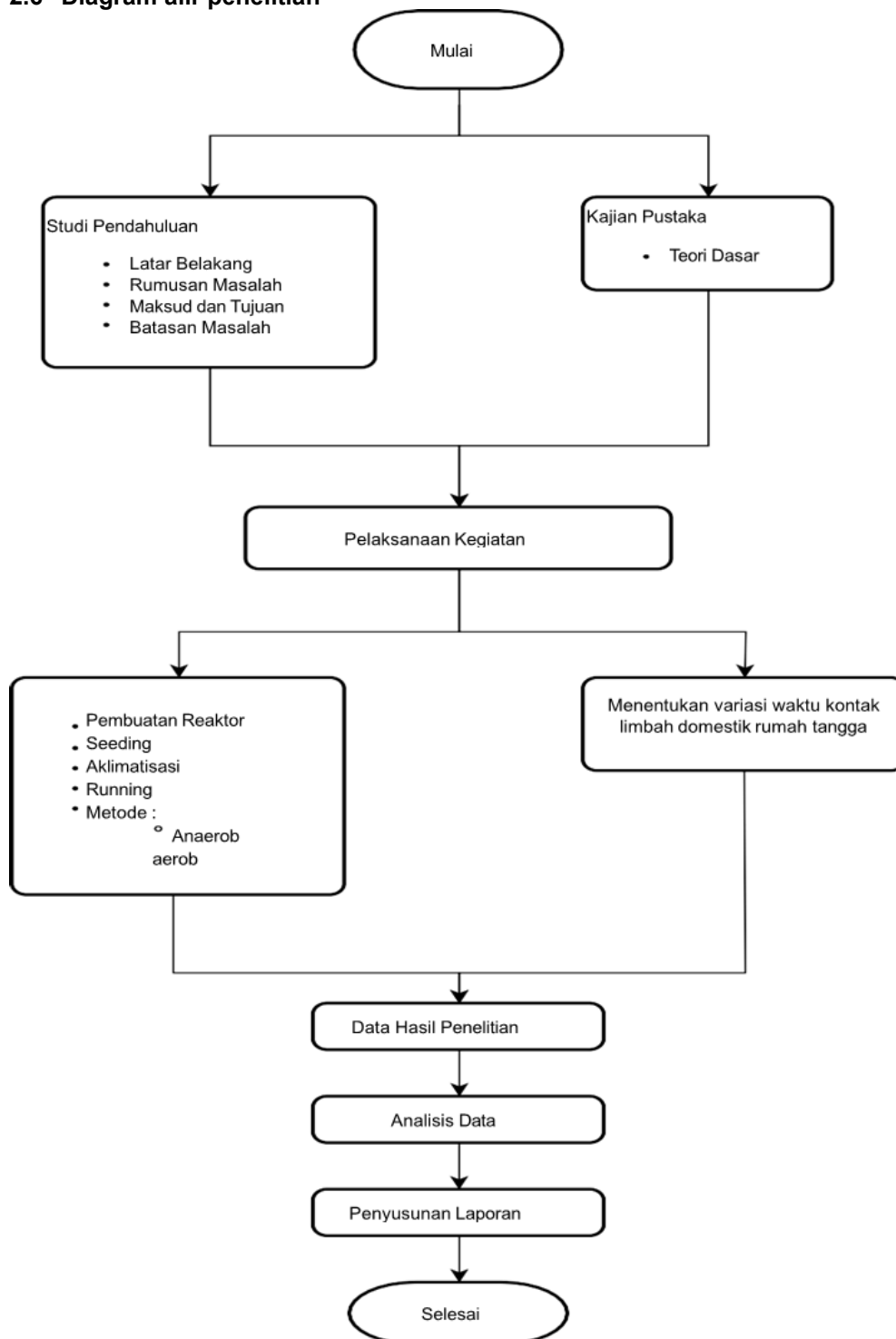
Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk antara droplet dengan permukaan benda padat yang kontak ketika droplet diteteskan pada permukaan bahan. Pada kondisi lingkungan dengan polusi yang tinggi dan kelembaban yang tinggi, lapisan polutan yang menempel pada permukaan terjadi pembasahan, sehingga arus bocor yang mengalir dapat menyebabkan pemanasan polutan pada lapisan. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (dry band) akibat dialiri arus bocor yang terus menerus. Kondisi pada tegangan tertentu dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Busur pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terjadi flashover yang melalui seluruh permukaan isolator. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain alat ukur untuk menentukan bahan isolator yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode tetes air pada bahan isolator kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan sudut kontak. Proses pengukuran sudut kontak tetesan air (droplet) dilakukan dengan menggunakan aplikasi hasil rancangan dengan bahasa pemrograman borland delphi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan polimer yang belum mengandung polutan menunjukkan sudut kontak $\geq 90^\circ$ artinya bahan tersebut bersifat hidrofobik atau tidak senang air, sedangkan yang berpolutan menunjukkan sudut kontak dibawah atau $< 90^\circ$ artinya bahan tersebut bersifat hidrofilik (senang air).

Media polimer yang berbeda mempengaruhi perlekatan bakteri dan biofilm dalam kinerja pengolahan air limbah. Pengukuran sudut kontak air (WCA) digunakan untuk menganalisis peran pembasahan (hidrofilik/hidrofobik) permukaan bahan polimer pada fase awal perlekatan bakteri. Peningkatan pembentukan biofilm selama pengamatan ditentukan dengan analisis gravimetri (total menempel padatan) dan mikroskopis (SEM dan CLSM). Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi hidrofilisitas permukaan maka semakin tinggi pula Total Attached Solid (TAS), laju pembentukan biofilm, dan ketebalan biofilm pada permukaan media. Bahan hidrofilik (misalnya PET dan HDPE) menunjukkan kinerja pengolahan air limbah yang lebih

baik dibandingkan bahan yang sedikit hidrofilik (misalnya PVC, PP, dan akrilik) dalam periode kondisi stabil (selama pengoperasian 80 hari). Data menunjukkan korelasi positif antara hidrofilik bahan dan COD, $\text{NH}^{+4}\text{-N}$, dan penghapusan TP. Hidro bahan filik bermanfaat untuk pembentukan biofilm yang cepat dan stabil pada reaktor biofilm unggul tetap. Media PET menunjukkan jenis polimer yang layak dibandingkan dengan HDPE, PVC, dan PP; sehingga dapat digunakan sebagai media pembawa biofilm alternatif dalam aplikasi skala besar.

Permukaan polimer mempengaruhi perbedaan laju perlekatan awal biofilm dan ketahanan adhesi biofilm pada media perekat (Dias et al., 2018), yang mempengaruhi adhesi biomassa (Almomani et al., 2019) melalui fenomena keterbasahan (Al-Amshawee et al., 2021). Pentingnya keterbasahan dan adhesi permukaan pada permulaan pengolahan air limbah berbasis pembawa biofilm untuk pembentukan biofilm telah meningkat secara substansial (Al-Amshawee et al., 2021; Almomani dkk., 2019). Basahnya suatu permukaan berkaitan dengan daya rekat, pelumasan, dan proses penyerapan cairan, oleh karena itu perlu ditentukan interaksi, sudut kontak dari masing-masing permukaan keterbasahan diukur (Gomes et al., 2013). Bahan dengan sudut kontak air di bawah 90° bersifat hidrofilik, sedangkan bahan dengan sudut kontak air di atas 90° bersifat hidrofobik. Metode ini telah terbukti paling akurat untuk menggambarkan hidrofobisitas/hidrofilisitas permukaan (Chu et al., 2014; Feng dkk., 2015; Yue Yuan dkk., 2017).

2.6 Diagram alir penelitian



Gambar 16. Bagan Alir Penelitian