

**EFEKTIVITAS MOL NASI SERESAH BAMBU DALAM PENURUNAN  
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH DOMESTIK**



**NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN**

**D131 20 1058**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

**EFEKTIVITAS MOL NASI SERESAH BAMBU DALAM PENURUNAN  
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH DOMESTIK**

**NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN  
D131 20 1058**



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

**EFEKTIVITAS MOL NASI SERESAH BAMBU DALAM PENURUNAN  
KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH DOMESTIK**

NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN  
D131 20 1058

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 MIKRO ORGANISME LOKAL NASI SERESAH BAMBU DALAM PENURUNAN KADAR KONTAMINAN AIR LIMBAH DOMESTIK

**NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN**  
**D131201058**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 8 Oktober 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
pada



Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.  
NIP. 197506232015042001

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 MOL NAI SERESAH BAMBU DALAM PENURUNAN KADAR KONTAMINAN AIR LIMBA DOMESTIK"** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.). 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, September 202



  
Nurul Barokatunnisa Sumarli  
NIM D13120105

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas rahmat, rahim, hidayah, tuntunan, ridho, dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Efektivitas Mol Nasi Seresah Bambu Dalam Penurunan Kadar Kontaminan Air Limbah Domestik". Shalawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan kita, Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia dari masa jahiliah menuju masa yang terang benderang.

Penelitian yang penulis lakukan dapat terlaksana dengan sukses serta dapat terampungkan dalam bentuk tugas akhir ini atas bimbingan, diskusi, dan arahan dari Ibu Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. 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.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua Alm. Ir. Sumarlin Tadda dan Almh. Ir. Rata Allo yang meskipun raganya tidak lagi kebersamai di dunia, namun kasih sayang, do'a, ridho, dan nasehatnya selalu dirasakan dan menemani penulis selama penyusunan tugas akhir ini. Tidak ketinggalan ketiga saudara saya, Kakak Adi, Kakak Donna, Amma, dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan *support* mental, material, doa, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Semoga kesejahteraan dan keselamatan senantiasa mendampingi kehidupan kita.

Teruntuk pihak pihak yang banyak membantu secara fisik dan emosional yakni sahabat penulis Nadia dan Indyra, my Close Friend List, Ufo Squad, Anak Pondok, Tabarans, EPM gurl, Asisten lab Kualitas Air 2023/2024, dan teman-teman 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

Penulis,  
Nurul Barokatunnisa Sumarlin

## ABSTRAK

NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN. **Efektivitas Mol Nasi Seresah Bambu Dalam Penurunan Kadar Kontaminan Air Limbah Domestik** (dibimbing oleh Roslinda Ibrahim)

**Latar Belakang.** Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga mengandung banyak senyawa organik sehingga dapat mencemari badan air, menurunkan kemampuan badan air untuk *self purification*, dan mengganggu rantai kehidupan biota air. Penanganan dibutuhkan lebih lanjut untuk menangani pencemaran badan air. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik air limbah domestik dan menganalisis efektivitas pemberian MOL Nasi Seresah Bambu terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS, serta pengaruhnya terhadap pH pada reaktor anaerob dengan sistem kontinu. **Metode.** Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bak anaerob dengan 3 variasi konsentrasi pemberian MOL 0% (K1), 3% (K2), dan 7% (K3) dengan waktu kontak 6 jam (T1), 7 jam (T2), dan 8 jam (T3). **Hasil.** Karakteristik air limbah domestik memiliki rentang nilai pH 6,9 – 7,3; BOD 78 – 121 mg/L; COD 195 – 977 mg/L; dan TSS 28 – 134 mg/L. Dari penelitian yang dilakukan juga diketahui bahwa peningkatan nilai pH dipengaruhi oleh konsentrasi MOL nasi seresah bambu namun tidak dipengaruhi oleh waktu kontak. Peningkatan efektivitas removal BOD dipengaruhi oleh konsentrasi MOL nasi seresah bambu dan waktu kontak secara parsial dan simultan dengan persentase 97,8%. Peningkatan efektivitas removal COD dipengaruhi oleh konsentrasi MOL nasi seresah bambu dan waktu kontak secara parsial dan simultan dengan persentase 91,6%. Peningkatan efektivitas removal TSS dipengaruhi oleh konsentrasi MOL nasi seresah bambu dan waktu kontak secara parsial dan simultan dengan persentase 80,3%.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, Mikroorganisme Lokal, Sistem Kontinu

## ABSTRACT

NURUL BAROKATUNNISA SUMARLIN. **Effectiveness of Bamboo Litter Rice Mol in Reducing Domestic Wastewater Contaminant Levels** (supervised by Roslinda Ibrahim)

**Background.** Wastewater produced from household activities contains many organic compounds that can pollute water bodies, reduce the ability of water bodies for self-purification, and disrupt the life chain of aquatic biota. Further handling is needed to deal with water body pollution. **Aim.** This study aims to identify the characteristics of domestic wastewater and analyze the effectiveness of providing Bamboo Litter Rice MOL on reducing BOD, COD, TSS levels, and its effect on pH in an anaerobic reactor with a continuous system. **Method.** This study was conducted using an anaerobic tank with 3 variations in MOL concentrations of 0% (K1), 3% (K2), and 7% (K3) with a contact time of 6 hours (T1), 7 hours (T2), and 8 hours (T3). **Results.** The characteristics of domestic wastewater have a pH range of 6.9 - 7.3; BOD 78 – 121 mg/L; COD 195 – 977 mg/L; and TSS 28 – 134 mg/L. From the research conducted, it is also known that the increase in pH value is influenced by the concentration of MOL rice litter bamboo but is not influenced by contact time. The increase in the effectiveness of BOD removal is influenced by the concentration of MOL rice litter bamboo and contact time partially and simultaneously with a percentage of 97.8%. The increase in the effectiveness of COD removal is influenced by the concentration of MOL rice litter bamboo and contact time partially and simultaneously with a percentage of 91.6%. The increase in the effectiveness of TSS removal is influenced by the concentration of MOL rice litter bamboo and contact time partially and simultaneously with a percentage of 80.3%.

Keywords: Domestic Wastewater, Local Microorganisms, Continuous System

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
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.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
1.6 Teori.....	4
BAB II METODE PENELITIAN.....	21
2.1 Rancangan Penelitian .....	21
2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	22
2.3 Alat dan Bahan.....	22
2.4 Populasi dan Sampel .....	23
2.5 Pelaksanaan Penelitian.....	23
2.6 Teknik Pengumpulan Data .....	32
2.7 Teknik Analisis Data.....	32
2.8 Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
3.1. Identifikasi Karakteristik Air Limbah Domestik.....	35
3.2. Analisis Pengaruh Konsentrasi MOL dan Waktu Kontak.....	35
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
4.1 Kesimpulan .....	55
4.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	58

## DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Sifat-sifat dan sumber air limbah.....	5
2. Baku mutu air limbah domestik.....	9
3. Studi pendahuluan yang relelvan.....	17
4. Matriks penelitian.....	21
5. Volume MOL yang dibutuhkan sesuai konsentrasi untuk setiap reaktor.....	24
6. Dimensi reaktor A (waktu kontak 6 jam).....	29
7. Dimensi reaktor B (waktu kontak 7 jam).....	29
8. Dimensi reaktor C (waktu kontak 8 jam).....	29
9. Metode pengujian sampel.....	30
10. Karakteristik awal air limbah domestik.....	35
11. Hasil pengujian parameter pH pada variasi konsentrasi.....	36
12. Hasil pengujian parameter pH pada variasi waktu kontak.....	36
13. Hasil pengujian parameter BOD pada variasi konsentrasi.....	37
14. Hasil pengujian parameter BOD pada variasi waktu kontak.....	38
15. Hasil pengujian parameter COD pada variasi konsentrasi.....	40
16. Hasil pengujian parameter COD pada variasi waktu kontak.....	41
17. Hasil pengujian parameter TSS pada variasi konsentrasi.....	42
18. Hasil pengujian parameter TSS pada variasi waktu kontak.....	43
19. Uji normalitas peningkatan pH.....	45
20. Uji t pengaruh variasi waktu kontak dan konsentrasi terhadap peningkatan nilai pH.....	45
21. Uji F pengaruh waktu kontak dan konsentrasi terhadap peningkatan nilai pH.....	45
22. Uji normalitas persentase removal BOD.....	46
23. Uji t pengaruh variasi waktu kontak dan konsentrasi MOL terhadap efisiensi removal BOD.....	46
24. Uji F hubungan antara konsentrasi MOL dan waktu kontak terhadap persentase removal BOD.....	48
25. Uji normalitas persentase removal COD.....	49
26. Uji t variasi waktu kontak dan konsentrasi MOL terhadap efisiensi removal COD.....	49
27. Uji F hubungan antara konsentrasi MOL dan waktu kontak terhadap persentase removal COD.....	52
28. Uji normalitas persentase removal TSS.....	52
29. Uji t pengaruh konsentrasi MOL terhadap efisiensi removal TSS.....	53
30. Uji F hubungan antara konsentrasi MOL dan waktu kontak terhadap persentase removal TSS.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Komposisi air limbah domestik (Khofif, 2020) .....	10
2. Desain unit pengolahan air limbah domestik .....	25
3. Tampak atas reaktor A.....	26
4. Tampak samping reaktor A.....	26
5. Tampak atas reaktor B.....	27
6. Tampak samping reaktor B.....	27
7. Tampak atas reaktor C .....	28
8. Tampak samping reaktor C.....	28
9. Diagram Alir Penelitian .....	34
10. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dan Persentase Removal BOD.....	38
11. Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dan Persentase .....	39
12. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dan Persentase Removal COD .....	40
13. Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dan Persentase Removal COD .....	41
14. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi dan Persentase Removal COD .....	43
15. Grafik Hubungan Antara Waktu Kontak dan Persentase Removal TSS .....	44

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
1 Desain reaktor.....	59
2 Laporan Hasil Pengujian.....	64
3 Metode pengujian sampel.....	67
4 Baku mutu air limbah domestik.....	76
5 Dokumentasi.....	77
6 Analisis statistik.....	80

# BAB I PEDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen penting yang tidak dapat terlepas dari aktivitas sehari-hari manusia. Pemanfaatan air banyak digunakan mulai dari mandi, memasak, mencuci, dan masih banyak lagi (Sisca, 2016). Air yang digunakan dalam berbagai jenis kegiatan tersebut selanjutnya akan menjadi air limbah domestik yang akan mencemari badan air jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Air limbah domestik menurut Mubin (2016) merupakan air yang bersumber dari aktivitas di area permukiman, rumah makan, perkantoran, kawasan perniagaan, perumahan, dan apartemen. Kuantitas air limbah domestik tidak luput dari jumlah penduduk dan peningkatannya. Di Indonesia sendiri diketahui, berdasarkan data Woldometer per Januari 2024, memiliki jumlah penduduk sebanyak 278.843.741 jiwa dengan tingkat pertumbuhan penduduk 0,82%. Jumlah ini akan terus meningkat dan juga mengakibatkan peningkatan kuantitas air limbah domestik.

Berdasarkan SNI 19-6728.1-2002 diketahui kebutuhan air bersih perorang perhari adalah sebesar 60-120 L dan 80% diantaranya akan menjadi air limbah domestik yang akan mencemari perairan. Menurut PerMen LHK no. 86 tahun 2016, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas makhluk hidup sehari-hari yang berhubungan dengan pemakaian air. Peraturan Menteri ini juga memberikan persyaratan beberapa parameter yang harus dipenuhi sebelum dibuang ke lingkungan yaitu pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Amoniak, dan Total Coliform.

Polutan yang terkandung pada air limbah domestik selanjutnya akan terdistribusi melalui drainase yang berakhir di badan air seperti sungai, waduk, dan yang lainnya. Kandungan air limbah domestik yang kaya akan bahan organik akan menyebabkan terjadinya kesuburan pada badan air yang akan meningkatkan pertumbuhan ganggang pada permukaan badan air. Peristiwa ini disebut sebagai eutrofikasi. Eutrofikasi yang terjadi pada badan air permukaan akan menyebabkan turunnya kualitas badan air yang disebabkan oleh penurunan kadar oksigen terlarut. Penurunan kadar oksigen terlarut pada badan air permukaan disebabkan oleh adanya aktivitas respirasi oleh ganggang yang tumbuh akibat penyuburan perairan dan kondisi ini akan memberikan dampak buruk bagi pertumbuhan makhluk hidup perairan pada badan air bahkan kematian (Manurung, dkk., 2023).

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan sebagai upaya pengolahan air limbah domestik agar memenuhi standar baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satunya adalah pengolahan air limbah secara biologis. Pengolahan air limbah secara biologis ini bertujuan merombak material organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana salah satunya dengan memanfaatkan peran mikroorganisme. Pengolahan dengan cara ini juga banyak digunakan karena relatif murah dan mudah diaplikasikan (Badrah dkk, 2021). Di antara pengolahan biologis adalah pemanfaatan Effective Microorganisms 4 (EM4) yang merupakan kumpulan kultur mikroorganisme

denga fungsi spesifik dan bekerja sama menguraikan senyawa organik. Penambahan EM4 ini terbukti dapat menurunkan konsentrasi polutan pada limbah cair. Hasil penelitian Sari dkk (2017) pada limbah cair tahu menunjukkan bahwa EM4 konsenentrasi 7% dengan waktu kontak 216 jam menurunkan BOD, COD, dan TSS ada air limbah tahu masing-masing sbesar 88,8%, 86,6%, dan 72,2%. Selain itu, hasil penelitian Saputra dkk (2019) menyatakan dosis EM4 optimal penurunan nitrat dan fosfat adalah sebesar 0,15 ml dengan efisiensi penurunan masing masing sebesar 87,81% dan 97,02%.

Pada pengaplikasiannya, EM4 banyak digunakan sebagai akivator dalam pembuatan kompos. Alternatif lain yang juga banyak dimanfaatkan sebagai bioaktivator kompos adalah Mikroorganisme Lokal (MOL), salah satunya adalah MOL nasi dengan seresah bambu. MOL nasi ini telah banyak dimanfaatkan sebagai bioaktivator pengomposan dengan prinsip yang serupa dengan EM4, salah satunya di Kawasan Wanita Tani Desa Tabarano. Larutan MOL mengandung unsur hara makro dan mikro serta mengandung bakteri yang berpotensi sebagai pengurai bahan organik (Hadi, 2019). Seresah bambu sendiri mengandung zat aktif, yakni flavonoid, polisakarida, asam amino, vitamin, mikromilamen, fosfor, kalium (Purwono, 2007 dalam Sriningsih, 2014), serta *Aspergillus*. *Aspergillus* yang terkandung pada daun bambu ini berpotensi sebagai bioaktivator. MOL Nasi Seresah Bambu disebut jugaa sebagai perbanyakkan *Trichoderma* merupakan jenis MOL yang mengekstrak mikroorganisme dari seresah bambu dan megembangbiakkannya. Adapun *Trichoderma* adalah produsen metabolit sekunder yang produktif, Enzim yang terdapat di dalam metabolit sekunder *Trichoderma* sp., di antaranya protease, selulase, selobiase, khitinase, dan 1,3-  $\beta$ -glukanase (Jumadi, dkk, 2021). Enzim ini berperan dalam proses penguraian senyawa organik.

Pemanfaatan MOL nasi seresah bambu ini belum dimanfaatkan sebagai alternatif pengolahan air limbah domestik, padahal pinsip kerjanya serupa dengan EM4 dalam pengolahan air limbah. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengangkat topik penelitian ini untuk mengetahui efisiensi MOL nasi seresah bambu dalam penurunan kadar pH, BOD, COD, dan TSS pada air limbah domestik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah ditemukan, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik air limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi MOL nasi seresah bambu dan waktu kontak penambahan MOL nasi seresah bambu terhadap penurunan kadar pH, BOD, COD, dan TSS pada air limbah domestik?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik air limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi MOL nasi seresah bambu dan waktu kontak penambahan MOL nasi seresah bambu terhadap penurunan kadar pH, BOD, COD, dan TSS pada air limbah domestik

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat umum dari penelitian ini adalah memberikan manfaat dan informasi mengenai salah satu pengolahan alternatif yang dapat digunakan dalam mengelola air limbah domestik sehingga dapat mengurangi potensi pencemaran air limbah domestik terhadap lingkungan. Adapun manfaat khusus yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis:  
Memberikan kontribusi dalam melaksanakan penelitian yang merupakan salah satu bagian dari Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi Pendidikan:  
Memberikan sumbangsih dalam upaya pengembangan riset pada bidang kualitas air sebagai salah satu sumber referensi terutama pada pengolahan air limbah domestik dan pemanfaatan mikroorganismes local.
3. Bagi masyarakat:  
Memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengenai pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan proses biologis berupa MOL Nasi Seresah Bambu sehingga masyarakat dapat menyadari pentingnya pengolahan air limbah terutama limbah domestik

#### 1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan berupa penelitian eksperimen pada skala laboratorium
2. Model prototipe pengolahan air limbah domestik dengan penambahan MOL Nasi Seresah Bambu dengan sistem kontinu
3. Sampel air limbah yang digunakan berupa sampel terkontrol yang diambil dari air limbah domestik Perumahan Grand Sulawesi
4. Variasi yang digunakan adalah beberapa konfigurasi waktu kontak dan konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu
5. Parameter yang akan dipantau adalah *power of Hydrogent* (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS)

## 1.6 Teori

### 1.6.1 Pengertian air

Air merupakan sumberdaya yang sangat penting dan erat kaitannya dengan keberadaan makhluk hidup yaitu untuk memenuhi kebutuhannya sehari-hari, mulai dari bidang pertanian, perikanan, dan kebutuhan lainnya. Air yang bersifat menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadikan peran air menjadi sangat berharga dari segi kuantitas maupun kualitasnya (Sudarmadi dkk, 2014).

Kebutuhan terhadap air sangat beragam, mulai dari minum, memasak, mandi, mencuci (berbagai jenis cucian) dan masih banyak lagi. Menurut perhitungan WHO, di negara-negara maju kebutuhan air perorang berkisar antara 60 – 200 liter perharinya, sedangkan untuk negara berkembang seperti Indonesia memerlukan 30 – 60 liter perorang perharinya. Salah satu kegunaan air itu sendiri adalah sebagai kebutuha untuk minum (termasuk juga untuk memasak), sehingga air harus memiliki persyaratan khusus yang berkaitan dengan kualitasnya agar tidak memberikan dampak buruk bagi kehidupan manusia (Sisca,Vivi. 2016).

Terdapat berbagai jenis air di muka bumi yang berbeda setiap peruntukannya. Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP 02/MEN KLH/1998 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan Air, Air adalah semua air yang ada di bumi baik yang berada di dalam atau yang berada di permukaan tanah, tidak termasuk air yang berada di laut. Air dapat digolongkan menurut kegunaanya menjadi:

- a. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengelolaan terlebih dahulu;
- b. Golongan B, yaitu air yang dapat dipergunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga;
- c. Golongan C, yaitu air yang dapat dipergunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan;
- d. Golongan D, yaitu air yang dapat dipergunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha pertokoan, industri, listrik tenaga air.

### 1.6.2 Air limbah

**Pengertian air limbah.** Air limbah adalah air sisa yang mengandung berbagai macam zat yang berpotensi memberikan bahaya terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya dan sering kali muncul akibat aktivitas manusia, mulai dari perkantoran, fasilitas umum, berbagai jenis industri, dan rumah tangga (Supriyatno, 2000 dalam Askari, 2015). Air limbah merupakan hasil dari suatu proses produksi yang terjadi baik di indstri maupun rumah tangga yang berbentuk buangan atau sisa dari aktivitasnya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Ligungan Hidup dan Kehutanan Republik Indoesia nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah semua jenis air sisa yang dihasilkan dari suatuu usaha atau kegiatan. Air

limbah atau air buangan adalah air sisa yang dibuang dari kegiatan perindustrian, perkantoran, tempat umum, maupun rumah tangga yang mengandung zat kontaminan yang dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan mengganggu keseimbangan lingkungan hidup (Wahyudi, 2022).

Air merupakan pelarut yang sangat baik yang dapat melarutkan berbagai jenis senyawa ionik dan polar. Fungsi absolut air bagi kehidupan adalah eranya dalam proses fotosintesis, persebaran nutrient dan pengontrol suhu tubuh. Air merupakan elemen utama yang menyusun makhluk hidup yang mana 98% tubuhnya tersusun oleh air. Di bumi sendiri tertutupi oleh air sekitar 71% dalam bentuk lautan yang tidak terdistribusi secara merata akibat distribusi curah hujan yang tidak merata di berbagai daerah. Sebuah perbedaan mendasar air yang membedakannya dengan senyawa lain adalah sifatnya yang dapat berubah bentuk menjadi padat (es) maupun cair (uap air) (Suyasa, 2015).

**Sifat-sifat air limbah.** Sifat-sifat air limbah dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sifat fisik, kimiawi, dan biologis. Sifat-sifat ini diukur sesuai dengan keadaannya dengan cara yang berbeda-beda. Analisis bahan kimia ada air limbah seringkali menggunakan jumlah dan satuannya, sedangkan untuk menganalisis kandungan biologinya seringkali menggunakan penggolongan. Adapun sifat air limbah beserta sumbernya lebih terperinci telah dicantumkan pada Tabel 2.1 di bawah (Meltcalf dan Eddy, 1979 dalam Suyasa, 2015).

**Tabel 1. Sifat-sifat dan sumber air limbah**

Sifat-sifat Air Limbah	Sumber asal air limbah
<b>Sifat fisik :</b>	
1 Warna	Air buangan rumah tangga dan industri serta bangkai benda organis
2 Bau	Pembusukan air limbah dan limbah industry
3 Endapan	Penyediaan air minum, air limbah rumahtangga dan industri, erosi tanah, aliran air rembesan
4 Temperatur	Air limbah rumahtangga dan industri
<b>Sifat kimia :</b>	
<b>- Organik</b>	
1 Karbohidrat	Air limbah rumahtangga, perdagangan serta limbah industri
2 Minyak, lemak,	Air limbah rumahtangga, perdagangan serta limbah industri
3 Pestisida	Air limbah pertanian
4 Fenol	Air limbah industri
5 Protein	Air limbah rumahtangga, perdagangan
6 Deterjen	Air limbah rumahtangga, industri
7 Lain-lain	Bangkai bahan organik alamiah
<b>Anorganik :</b>	

<b>Sifat-sifat Air Limbah</b>		<b>Sumber asal air limbah</b>
1	Kesadahan	Air limbah dan air minum rumahtangga serta rembesan air tanah
2	Klorida	Air limbah dan air minum rumahtangga, rembesan air tanah dan pelunak air
3	Logam berat	Air limbah industri
4	Nitrogen	Air limbah rumahtangga dan pertanian
5	Ph	Air limbah industri
6	Fosfor	Air limbah rumahtangga dan industri serta limpahan air hujan
7	Belerang	Air limbah dan air minum rumahtangga serta limbah industri
<b>Bahan-bahan beracun :</b>		
- Gas-gas		
1	Hidrogen sulfida	Pembusukan limbah rumahtangga
2	Metan	Pembusukan limbah rumahtangga
3	Oksigen	Penyediaan air minum rumahtangga serta perembesan air permukaan
<b>Sifat biologis :</b>		
1	Binatang	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
2	Tumbuh-tumbuhan	Saluran terbuka dan bangunan pengolah
3	Protista	Air limbah rumahtangga dan bangunan pengolah
4	Virus	Air limbah rumahtangga

Sumber: Meltcalf dan Eddy (1979) dalam Suyasa (2015)

### 1.6.3 Karakteristik air limbah

Limbah cair rumah tangga atau domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk kebersihan yaitu gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya. Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun (Metcalf and Eddy, 2008).

#### A. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisika air limbah yang perlu diketahui adalah total solid, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, 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. Temperatur

Temperatur 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 atau biasa juga disebut dengan berat jenis adalah suatu parameter yang menunjukkan perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai slug/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>).

### 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. Perubahan warna ini mejadi salah satu parameter fisik yang penting dalam penentuan kualitas suatu perairan.

### 6. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipancarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008).

## B. Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

### 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 basakuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dannitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

### 3. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N<sub>2</sub>), oksigen (O<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amoniak (NH<sub>3</sub>), dan karbondioksida (Eddy, 2008).

## C. Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme pathogen. Karakteristik biologi tersebut

seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilitas senyawa organik (Eddy, 2008).

#### 1.6.4 Air limbah domestik

**Pengertian air limbah domestik.** Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Air limbah domestik adalah air limbah yang tidak mengandung buangan dari manusia dan dapat bersumber dari buangan kamar mandi, dapur, air sisa pencucian, dan lain-lain yang berpotensi mengandung mikroorganisme patogen, dan air limbah jenis ini merupakan sumber utama pencemar air di perkotaan (Budi, 2000 dalam Askari, 2015).

Secara garis besar limbah domestik dibagi dalam dua kelompok yaitu limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik bersumber dari kotoran (tinja), sisa sayuran dan makanan, sedangkan limbah anorganik dapat berupa plastik, kertas, bahan kimia yang diakibatkan oleh penggunaan deterjen, sampo, sabun dan penggunaan bahan kimia lainnya. Limbah organik umumnya dapat didegradasi oleh mikroba dalam lingkungan. Sebaliknya, limbah anorganik lebih sulit didegradasi sehingga sering menimbulkan pencemaran di lingkungan (E. B. Sasongko dkk, 2014). Pada daerah yang tidak mempunyai unit pengelolaan limbah domestik, umumnya limbah dibuang langsung ke lingkungan khususnya perairan (sungai, danau) yang kemudian terangkut dan terendapkan disepanjang badan perairan (Kholif, 2020).

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 1987). Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya, maka parameter kunci untuk air limbah domestik adalah Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), Derajat Keasaman (pH), serta Lemak dan Minyak (Kholif, 2020).

Grey water adalah air limbah yang berasal dari dapur, air bekas cuci pakaian, dan air mandi. Sedangkan black water adalah air limbah yang berasal dari kotoran manusia (Purwatinigrum, 2018). Perairan yang memiliki kandungan bahan organik dan anorganik yang tinggi bersumber dari aktivitas masyarakat berupa pembuangan limbah cair ke sungai seperti mandi, cuci, dan kakus (MCK), hal ini menyebabkan menurunnya kualitas air (Tarigan dkk., 2013 dalam Kholif, 2020).

Limbah cair domestik merupakan buangan yang berasal dari perumahan, bangunan, perdagangan, perkantoran dan sarana yang serupa. Limbah cair ini mengandung senyawa organik, baik alami maupun sintesis. Senyawa ini kemudian masuk kedalam badan air sebagai hasil dari aktivitas manusia (Suyasa, 2015).

**Baku mutu air limbah domestik.** Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Baku mutu air limbah 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.

Baku mutu air limbah domestik mengacu pada effluent standar domestik pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Adapun baku mutu air limbah domestik adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 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 Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Keterangan:

\* = Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

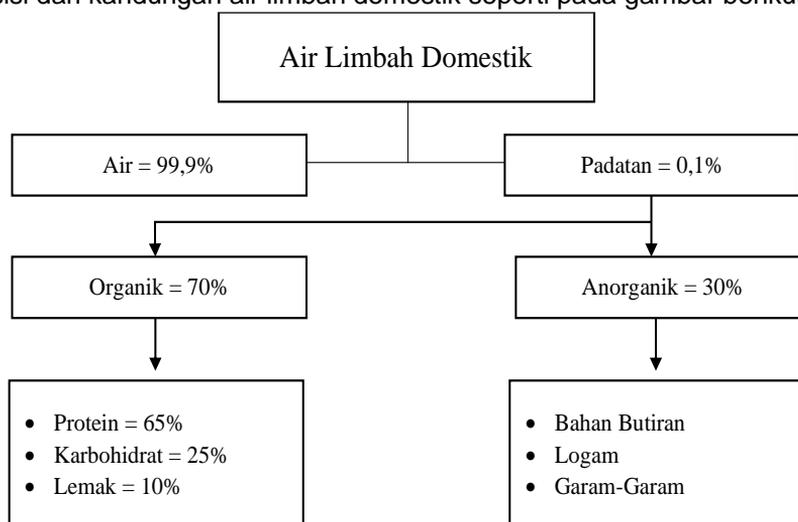
**Sumber air limbah domestik.** Masalah pencemaran lingkungan oleh air limbah saat ini sudah sampai pada tahap yang mengkhawatirkan seperti halnya di kota Surabaya. Beban polutan organik yang dibuang ke badan sungai atau lingkungan di kota Surabaya sudah pada tahap mengkhawatirkan dimana alam atau lingkungan sudah tidak mampu lagi melakukan pemurnian secara alami atau self purification. Dampaknya antara lain adalah pencemaran sungai yang mengakibatkan pada kematian ikan maupun pencemaran air tanah. Ironisnya, sumber pencemar dominan di kota-kota besar di Indonesia salah satunya adalah seperti di kota Surabaya bukanlah dari kegiatan industri yang sering dituding sebagai penyebab utama, melainkan dari sumber domestik/rumah tangga (grey water). Perubahan karakteristik limbah rumah tangga tergantung pada jenis dan jumlah asupan makanan dan air yang bercampur dengan limbah (Agbogu et al., 2006 dalam Khofif, 2020).

Secara signifikan kebutuhan air bersih di rumah dapat dikurangi dengan memanfaatkan kembali air limbah domestik untuk penggunaan penyiraman toilet di rumah. Di negara Nigeria, dengan populasi penduduk sekitar 160 juta jiwa, masyarakatnya dapat menghemat sekitar 5,6 juta meter kubik air per hari dengan menggunakan kembali air limbah domestik untuk menyiram toilet (Nnaji et al., 2013 dalam Khofif, 2020).

Pencemaran air limbah domestik terdiri dari beberapa sumber yaitu (Khofif, 2020):

1. Kegiatan domestik rumah tangga seperti air bekas mandi, mencuci, limbah cair dapur, (*grey water*) serta limbah dari septik tank (*black water*)
2. Kegiatan komersial seperti air limbah domestik rumah sakit, hotel, restoran ataupun perkantoran
3. Kegiatan domestik pada aktivitas di industri
4. Kegiatan peternakan seperti air dari rumah potong hewan dan pencucian kandang hewan

Air limbah domestik mengandung beberapa bahan pencemar dan padatan tersuspensi. Sekitar 50-80% air limbah domestik umumnya berasal dari dapur, kamar mandi, air bekas cucian dan lain-lain. Jumlah komposisi kimia (kotoran dan bahan kimia beracun) dan kontaminan biologis pada air limbah domestik berbeda dengan air limbah dari septik tank (Ukpong and Agunwamba, 2012). Secara garis besar komposisi dari kandungan air limbah domestik seperti pada gambar berikut



**Gambar 1. Komposisi air limbah domestik (Khofif, 2020)**

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 (Khofif, 2020).

**Karakteristik air limbah domestik** Karakteristik air limbah domestik (*grey water* dan *black water*) mempunyai perbedaan yang cukup signifikan. Air limbah "*grey water*" yang banyak mengandung unsur minyak dan lemak. Air limbah "*black water*" lebih banyak mengandung kadar organik dan suspensi/padatan yang tinggi. Air limbah domestik ini umumnya terdiri dari Limbah yang sebagian berbentuk larutan dan sebagian lagi merupakan larutan suspensi. Selain itu, air limbah domestik

banyak mengandung zat organik yang berguna bagi mikroorganisme *saprophytic*, yaitu organisme pembusuk. Bersifat tidak stabil, biodegradasi dan menimbulkan bau busuk.

Secara garis besar karakteristik air limbah domestik ini terdiri dari 3 komponen utama yaitu karakteristik secara fisika, kimia maupun biologi. Karakteristik tersebut memiliki nilai ambang batas yang berbeda-beda dari kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah, baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah. Limbah cair domestik memiliki beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair domestik digolongkan menjadi tiga yaitu fisika, kimia, biologi (Filliazati et al., 2013 dalam Khofif, 2020).

1. Karakteristik Fisika diantaranya:
  - a. *Total solid* (TS), biasanya padatan terdapat pada dasar air yang mengakibatkan pendangkalan, padatan juga terdiri dari zat organik dan zat anorganik.
  - b. *Total suspended solid* (TSS), merupakan padatan yang berupa lumpur kering yang berada di dalam air limbah domestik. TSS berasal dari lumpur yang berhasil lolos dalam proses penyaringan pada pengolahan air limbah domestik.
  - c. Warna, warna limbah yang semula abu-abu berubah warna menjadi kehitaman akibat dari aktivitas mikroorganisme yang berada di dalam air.
  - d. Kekeruhan, berasal dari zat padat yang bercampur dengan zat cair sehingga akan menjadi suspensi dan mengakibatkan air limbah domestik menjadi keruh. Kekeruhan akan mengakibatkan sulitnya cahaya untuk masuk ke dalam air limbah.
  - e. Temperatur, apabila temperature pada air limbah tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan akan mempengaruhi reaksi yang terjadi di dalam air.
  - f. Bau, disebabkan oleh bahan-bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme yang berada di air limbah domestik.
2. Karakteristik Kimia
  - a. *Biological Oxygen Demand* (BOD), banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat pada air limbah domestik.
  - b. *Chemical Oxygen Demand* (COD), banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat-zat pencemar melalui proses kimia.
  - c. Protein, adanya protein dapat menimbulkan bau yang tidak sedap akibat terurainya zat-zat yang ada pada limbah domestik. Protein berasal dari makhluk hidup yang terdapat pada air limbah.
  - d. Karbohidrat, bahan-bahan yang mengandung karbohidrat akan diuraikan oleh bakteri dan dapat menghasilkan alcohol dan gas karbondioksida.
  - e. Minyak dan lemak, merupakan bahan yang paling sering dijumpai di perairan. Minyak dan lemak sangat sulit untuk terurai di dalam air limbah.
  - f. Detergen, digunakan untuk membersihkan bahan-bahan yang mengandung kotoran seperti tanah dan lemak sehingga kotoran tersebut dapat dipisahkan.

g. Derajat keasaman (pH), air limbah domestik dapat disebut netral apabila memiliki pH sebesar 6,5-7,5. Apabila pH kurang atau lebih dari itu, maka akan mengganggu keseimbangan ekosistem yang berada dalam air dan mempengaruhi reaksi di dalam air.

### 3. Karakteristik Biologi

Parameter yang banyak digunakan yaitu banyaknya mikro- organisme yang terkandung dalam air limbah. Kandungan bakteri patogen dan organisme golongan terdapat juga dalam air limbah tergantung darimana sumbernya namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air Limbah

## 1.6.5 Jenis pengolahan air limbah

Pengolahan air limbah merupakan proses penyisihan kontaminan dari air limbah baik berupa limpasan maupun domestik. Hal ini meliputi proses fisika, kimia, dan biologi untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia dan biologi (Khopar, 2004). Proses pengolahan air limbah ini bertujuan agar air limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan setidaknya pada tingkatan yang tetap menjaga kemampuan *self recovery* lingkungan. Metcalf and Eddy (2008) menyebutkan mengenai tingkatan dalam pengolahan air limbah sebagai berikut:

### 1. Preliminer

Penyisihan konstituen air limbah seperti kain, kayu, bahan terapung, pasir, dan lemak yang dapat memicu perbaikan atau masalah operasi pada operasi, proses pengolahan, dan sistem tambahan.

### 2. Primer

Penyisihan bagian dari padatan tersuspensi dan bahan organik dari air limbah.

### 3. Primer lanjutan

Penyisihan yang ditingkatkan untuk padatan tersuspensi dan bahan organik dari air limbah. Biasanya dapat dicapai dengan penambahan bahan kimia atau filtrasi.

### 4. Sekunder

Penyisihan bahan organik yang dapat diurai berbentuk larutan maupun suspensi dan padatan tersuspensi. Proses disinfeksi juga termasuk dalam pengolahan sekunder konvensional.

### 5. Sekunder dengan penyisihan unsur hara

Penyisihan bahan organik yang terurai, padatan tersuspensi, dan unsur hara seperti nitrogen, fosfat, atau keduanya nitrogen dan fosfat.

### 6. Tersier

Penyisihan sisa padatan tersuspensi setelah pengolahan sekunder, biasanya dengan menggunakan filtrasi media granula atau lapisan mikro. Disinfeksi juga termasuk bagian dari pengolahan tersier. Penyisihan unsur hara sering termasuk dalam pengolahan tersier.

### 7. Pengolahan tingkat lanjut

Penyisihan materi tersuspensi dan terlarut yang tersisa setelah pengolahan biologi biasa yang dilakukan ketika dibutuhkan untuk keperluan penggunaan air kembali.

### 1.6.6 Mikroorganisme lokal

MOL adalah mikro organisme lokal, yaitu sekumpulan mikroorganisme yang berfungsi sebagai pupuk organik cair, starter dalam pembuatan kompos organik dengan kata lain MOL akan mempercepat proses pengomposan dan sebagai dekomposer yang akan mempercepat penguraian senyawa-senyawa organik. MOL dapat dibuat dengan sangat sederhana yakni dapat memanfaatkan limbah dari rumah tangga atau memanfaatkan sisa dari tanaman, buah-buahan, kotoran hewan, nasi basi, bonggol pisang dan lain sebagainya (Arifan, dkk., 2020)

MOL adalah kumpulan mikro organisme yang bisa “diternak”, fungsinya dalam konsep “zero waste” adalah sebagai “*starter*” pembuatan kompos organik. Larutan MOL (Mikro Organisme Lokal) adalah hasil dari fermentasi yang berbahan dasar dari sumberdaya yang tersedia setempat. Larutan MOL mengandung unsur hara makro dan mikro dan juga mengandung bakteri yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan dan sebagai agens pengendali hama dan penyakit tanaman. Sehingga MOL dapat digunakan baik sebagai pendekomposer, pupuk hayati, dan sebagai pestisida organik terutama sebagai fungisida (Purwasasmita, 2009 dalam Kurniawan, 2018).

MOL Nasi Seresah Bambu disebut juga sebagai perbanyak Trichoderma merupakan jenis MOL yang mengekstrak mikroorganisme dari seresah bambu dan megembangbiakkannya. Adapun Trichoderma adalah produsen metabolit sekunder yang produktif, Enzim yang terdapat di dalam metabolit sekunder Trichoderma sp., di antaranya protease, selulase, selobiase, khitinase, dan 1,3-  $\beta$ -glukanase (Jumadi, dkk, 2021). Enzim ini berperan dalam proses penguraian senyawa organik. Dinding sel Trichoderma diketahui menghasilkan enzim hidrolitik, misalnya, selulase, kitinase, dll., yang berperan penting dalam degradasi biomassa (Kubicek dkk, 2019)

Ekologi Trichoderma mengkaji tentang hubungan Trichoderma dengan lingkungannya. Hal ini dapat ditinjau dari Trichoderma di habitatnya. Trichoderma dapat hidup di alam dengan berbagai jenis lingkungan sehingga habitatnya juga lebih beragam. Karakteristik dari Trichodema menjadikan distribusi Trichoderma memiliki jangkauan yang luas. Distribusi ekosistem dapat ditinjau dari dua aspek lingkungan. Pada eskosistem yang berbeda dan juga pada ketinggian yang berbeda. (Jumadi, dkk, 2021).

### 1.6.7 Proses biofilter anaerob

Proses penguraian yang terjadi pada pengolahan secara anaerob merupakan penguraian yang terjadi dengan tanpa adanya oksigen. Penguraian ini sejatinya dilakukan oleh mikroorganisme. Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Lebih jauh

lagi, terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah.

Meskipun beberapa jamur (*fungi*) dan protozoa dapat ditemukan dalam penguraian anaerobik, bakteri-bakteri tetap merupakan mikroorganisme yang paling dominan bekerja di dalam proses penguraian anaerobik. Sejumlah besar bakteri anaerobik dan fakultatif (seperti: *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa organik.

Ada empat grup bakteri yang terlibat dalam transformasi material kompleks menjadi molekul yang sederhana seperti metana dan karbon dioksida. Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis (Said, 2017).

#### 1. Kelompok 1: Bakteri Hidrolitik

Kelompok bakteri anaerobik memecah molekul organik kompleks (protein, selulosa, lignin, lipid) menjadi molekul monomer yang terlarut seperti asam amino, glukosa, asam lemak, dan gliserol. Molekul monomer ini dapat langsung dimanfaatkan oleh kelompok bakteri berikutnya. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstraseluler seperti selulase, protease, dan lipase. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin (Polprasert, 1989; Speece, 1983).

Hidrolitik (bagian dari hidrolisis) berasal dari kata hidro (air) dan lisis (hancur) yang berarti pemecaha senyawa kimia melalui penambahan air. Contoh reaksi pemecahan molekul organik kompleks pada proses hidrolitik adalah sebagai berikut:

- Pemecahan selulosa  

$$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (oleh enzim selulase)}$$
- Pemecahan lemak  

$$\text{Trigliserida} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Asam Lemak} + \text{Glycerol} \text{ (oleh enzim lipase)}$$
- Pemecahan protein  

$$\text{Protein} + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{Asam Amino} \text{ (oleh enzim protase)}$$

#### 2. Kelompok 2: Bakteri Asidogenik Fermentatif

Bakteri asidogenik (pembentuk asam) seperti *Clostridium* mengubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam organik (seperti asam asetat, propionat, format, jaktat, butir. atau suksinat), alkohol dan keton (seperti etanil, metanol, gliserol, aseton). Asetat, CO, dan H<sub>2</sub> Asetat adalah produk utama dalam fermentasi karbohidrat. Hasil dari fermentasi ini bervariasi tergantung jenis bakteri dan kondisi kultur seperti temperatur, pH, dan potensial redoks. Beberapa reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Produksi Alkohol  

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$$
- Produksi Asam Butirat  

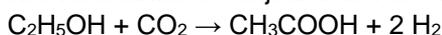
$$2 \text{Asam Piruvat} \rightarrow \text{Butirat} + \text{CO}_2 + \text{H}_2$$
- Produksi Laktat



### 3. Kelompok 3: Bakteri Asetogenik

Bakteri asetogenik (bakteri yang memproduksi asetat dan  $\text{H}_2$ ) seperti *Syntrobacter wolini* dan *Syntrophomonas wolfei* (Meinernay et al., 1981) mengubah asam lemak (seperti asam propionat, asam butirat) dan alkohol menjadi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida yang digunakan oleh bakteri pembentuk metan (metanogen). Kelompok ini membutuhkan ikatan hidrogen rendah untuk mengubah asam lemak, dan oleh karenanya diperlukan monitoring hidrogen yang ketat. Beberapa reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Konversi alkohol menjadi asam asetat



- Konversi asam butirat menjadi asetat



Di bawah kondisi tekanan  $\text{H}_2$  parsial yang relatif tinggi, pembentukan asetat berkurang dan substrat diubah menjadi asam propionat, asam butirat, dan etanol daripada metana. Ada hubungan simbiotik antara bakteri asetogenik dan metanogen. Metanogen membantu menghasilkan ikatan hidrogen rendah yang dibutuhkan oleh bakteri asetogenik.

Bakteri asetogenik tumbuh jauh lebih cepat daripada bakteri metanogenik. Kecepatan pertumbuhan bakteri asetogenik ( $\mu_{\text{maks}}$ ) mendekati 1 per jam sedangkan bakteri metanogenik 0.04 per jam (Said, 2017)

### 4. Kelompok 4: Bakteri Metanogen

Penguraian senyawa organik oleh bakteri anaerobik di lingkungan alam melepas 500-800 juta ton metan ke atmosfer tiap tahun dan ini mewakili 0,5% bahan organik yang dihasilkan oleh proses fotosintesis (Kirsop, 1984; Sahm, 1984). Bakteri metanogen terjadi secara alami di dalam sedimen yang dalam atau dalam pencernaan herbivora. Kelompok ini dapat berupa kelompok bakteri gram positif dan gram negatif dengan variasi yang banyak dalam bentuk. Mikroorganisme metanogen tumbuh secara lambat dalam air limbah dan waktu tumbuh berkisar 1 hari pada suhu  $35^\circ\text{C}$  sampai dengan 50 hari pada suhu  $10^\circ\text{C}$ . Bakteri metanogen dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Bakteri metanogen hidrogenotropik (seperti kemolitotrof yang menggunakan hidrogen) mengubah hidrogen dan karbon dioksida menjadi metana. Reaksinya adalah

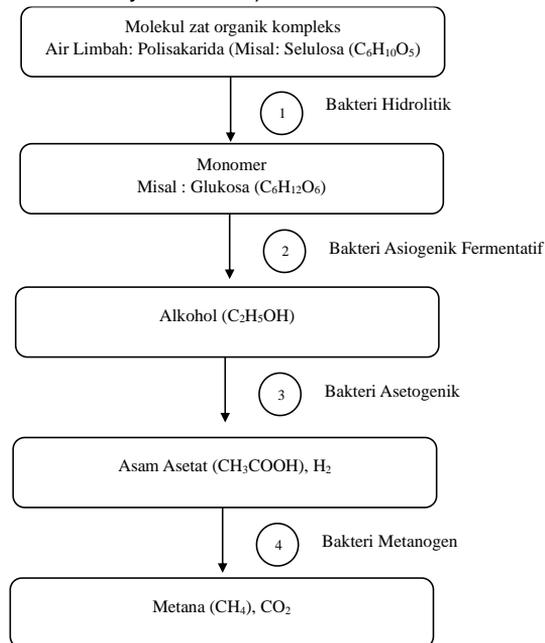


- b. Bakteri metanogen asetatotropik, atau biasa disebut sebagai bakteri asetiklastik atau bakteri penghilang asetat, mengubah asam asetat menjadi metana dan  $\text{CO}_2$ .

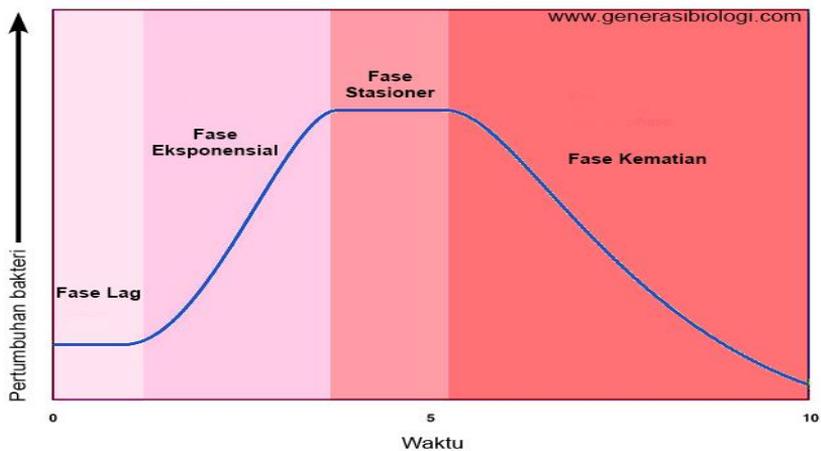


Bakteri asetiklastik tumbuh jauh lebih lambat (waktu generasi = beberapa hari) daripada bakteri pembentuk asam (waktu generasi = beberapa jam). Kelompok ini terdiri dari dua kelompok yaitu:

*Metanosarkina* (Smith dan Mah, 1978) dan *Metanoirik* (Huser et al, 1982) Selama penguraian termofilik (58°C) dari limbah lignoselulosik, *Metanosarkina* adalah bakteri asetotropik yang ditemukan dalam bioreaktor. Sesudah 4 minggu, *Metanosarkina* ( $\mu_{maks} = 0,3$  tiap hari,  $K_s = 200$  mg /L) digantikan oleh *Metanetric* ( $\mu_{maks} = 0.1$  tiap hari,  $K_s = 30$  mg /L). Kurang lebih sekitar 2/3 gas metana dihasilkan dari asetat oleh asetotropik. Sepertiga sisanya adalah hasil reduksi karbon dioksida oleh hidrogen (Mackie dan Bryant, 1984).



Adapun kurva pertumbuhan bakteri dapat dilihat sebagai berikut:



1. **Fase Lag:**  
Pada fase ini, bakteri beradaptasi dengan lingkungan baru. Tidak ada pertumbuhan yang signifikan, sehingga grafik menunjukkan garis datar.

2. Fase Eksponensial (Logaritmik):  
Bakteri mulai membelah dengan cepat, dan jumlah sel meningkat secara eksponensial. Grafik menunjukkan kenaikan tajam.
3. Fase Stasioner:  
Pertumbuhan melambat dan jumlah sel stabil karena nutrisi mulai habis dan produk limbah mulai menumpuk. Grafik menunjukkan garis datar.
4. Fase Kematian:  
Jumlah sel mulai menurun karena kematian sel lebih banyak dibandingkan pertumbuhan. Grafik menunjukkan penurunan.

### 1.6.8 Sistem kontinu

Sistem kontinu pada suatu pengolahan air limbah merupakan desain reaktor yang membawa air limbah yang akan diolah sebagai aliran yang mengalir. Desain reaktor dengan sistem kontinu memperhitungkan laju reaksi bahan kimia. Pergerakan bahan kimia melalui semua tabung harus sama dan konstan. Laju aliran pada reaktor harus dirancang dengan memperhitungkan laju pencampuran reaktan agar terjadi secara sempurna sehingga tidak terjadi adanya reaktan yang tidak bereaksi. Foutch dan Johannes (2003) membagi jenis reaktor dengan sistem kontinu berdasarkan jenis operasional sebagai berikut:

1. *Continous Stirred Tank Reactors (CSTR)*  
*Continous Stirred Tank Reactors* adalah reaktor yang mengumpulkan reaktan ke dalam tangki yang tercampur dengan baik menggunakan pengaduk atau tanpa pengadukan. Reaktan yang tercampur kemudian akan dikeluarkan secara simultan.
2. *Plug Flow Reactor (PFR)*  
*Plug Flow Reactor* adalah reaktor yang terdiri dari pipa atau tabung panjang. Reaktan akan bercampur sejalan reaksi saat bergerak ke bagian bawah reaktor yang menghasilkan perubahan konsentrasi sejalan reaktor.
3. *Recycle Reactor*  
*Recycle Reactor* adalah reaktor yang mengembalikan aliran keluar masuk ke dalam reaktor. Pada reaktor ini terjadi operasi secara terus menerus dengan adanya aliran reaktan yang berkelanjutan dari feed penampung kembali ke unit pengolahan. Mekanisme kerja reaktor ini memungkinkan antara kondisi CSTR dan PFR

### 1.6.9 Studi Pendahuluan yang Relevan

**Tabel 3. Studi pendahuluan yang relelvan**

No.	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Roni Assafaat Hadi (2019)	Pemanfaatan MOL (Mikroorganisme Lokal) dari Materi yang Tersedia di Sekitar Lingkungan	MOL mengandung <i>Azotobacter sp.</i> , <i>Latobacillus sp.</i> , agi, bakteri fotosintetik dan jamur pengurai selulosa yang berfungsi dalam penguraian senyawa organik

2	Ariadi Saputra, Sampe Harahap, Eko Purwanto (2019)	Pengaruh Pemberian EM4 ( <i>Effective Microorganisms-4</i> ) dalam biofilter untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Fosfat Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	Setelah diolah pada tangki anaerob aerob menggunakan biofilter yang ditambahkan dengan EM4, efektivitas penurunan nitrat mencapai 87,81% dan efektivitas penurunan fosfat sebesar 97,01%
3	Kartika Lingga Sari, Zulfikar As, Hardiono (2017)	Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS pada Limbah Tahu Menggunakan <i>Effective Microorganisms-4</i> Secara Aerob	Penurunan kadar limbah terbesar pada pengolahan terjadi pada pengolahan dengan penambahan 7% dengan waktu tinggal 216 jam dengan efektivitas penurunan BOD sebesar 88,8%, COD sebesar 85,3%, dan TSS sebesar 72,7%. Analisa data menggunakan <i>two way anova</i> menunjukkan terdapat perbedaan bermakna akibat variasi konsentrasi EM4, akibat waktu tinggal, dan akibat efek interaksi konsentrasi EM4 dengan waktu tinggal.
4	Nurhidayah, Sri Wahyuningsih	Analisa Pemanfaatan MOL dengan Variasi Standar <i>Mcfarland</i> pada Pengolahan Limbah Cair Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Gusung Kecamatan Sape Kabupaten Bima	Pemanfaatan MOL mampu menurunkan pencemar sehingga memenuhi standar baku mutu, dan amoniak adalah parameter penurunan tertinggi pada hari ke-5 dan ke-10 ( <i>Mcfarland</i> 0,5, 1 dan 1,5) yaitu <0,062 mg/L, penurunan BOD tertinggi pada akhir pengamatan yaitu pada <i>Mcfarland</i> 1,5 sebesar 1,1 mg/L, dan COD sebesar 24 mg/L pada 1,5 kemudian 31 dan 33 pada <i>Mcfarland</i> 0,5 dan 1. Penurunan minyak lemak (2,92 mg/L) dan TSS (1,7 mg/L) di akhir pengamatan pada <i>Mcfarland</i> 1,5, dan konsentrasi terendah pada semua parameter yaitu pada bak kontrol. Standar <i>Mcfarland</i> yang optimal dalam mendegradasi limbah cair TPI yaitu 1,5 dengan perkiraan jumlah mikroorganisme sebesar $4,5 \times 10^8$ sel/ml, berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan semakin tinggi <i>Mcfarland</i> (semakin banyak jumlah sel mikroorganisme sebagai starter), maka semakin optimal penurunan konsentrasi pencemar.
5	Siti Badrah, Restu Putri Aisina, Andi Anwar (2021)	Pemanfaatan <i>Effective Microorganisms 4</i> (EM4) Menggunakan Media Biofilm untuk Menurunkan Amonia dan Fosfat pada Limbah Cair Rumah Sakit	Rata-rata penurunan kadar amonia dengan penambahan EM4 5% sebesar 92,5% dan penambahan EM4 10% sebesar 92,1%. Sedangkan rata-rata penurunan kadar fosfat dengan penambahan EM4 5% sebesar 92,19% dan penambahan EM4 10% sebesar 65,56%. penelitian ini secara statistik menunjukkan tidak ada perbedaan penurunan kadar amonia dengan

			pemanfaatan EM4 menggunakan media biofilm (P value > $\alpha$ atau 0,941 > 0,05) dan ada perbedaan penurunan kadar fosfat dengan pemanfaatan EM4 menggunakan media biofilm (P value < $\alpha$ atau 0,001 < 0,05).
6	Priyantini Widiyaningrum, Lisdiana (2013)	Perbedaan Fisik Dan Kimia Kompos Daun Yang Menggunakan Bioaktivator Mol Dan EM4	Penampilan fisik kompos daun yang menggunakan MOL tidak berbeda dibanding kompos daun yang menggunakan EM4, demikian pula persentase penyusutan, kadar air dan C/N rasio tidak menunjukkan perbedaan. Kompos yang menggunakan EM4 menghasilkan persentase kompos yang terbentuk lebih baik dibanding kompos yang menggunakan MOL, dan secara umum kedua kompos yang dihasilkan masuk kategori baik dan layak untuk digunakan sesuai standar SNI No. 19-7030-2004
7	Nusa Idaman Said dan Firly (2005)	Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam	Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada proses anaerobik dengan waktu retensi 1-4 hari, efisiensi penyisihan COD sebesar 78 – 87 %, BOD sebesar 78 – 89 %, 73 – 83 %, dan Total Suspended Solids (TSS) masing-masing sebesar 83 – 96 %.
8	Nurliana dan Novita Anggraini (2018)	Eksplorasi Dan Identifikasi Trichoderma Sp Lokal Dari Rizosfer Bambu Dengan Metode Perangkap Media Nasi	Penelitian ini bertujuan untuk menemukan Trichoderma sp asal dari rizosfer bambu dengan metode perangkap media nasi agar dapat diadopsi oleh petani berdasarkan sumberdaya lokal yang ada. Hasil penelitian di ketiga daerah tersebut pada kecamatan Beringin tidak ditemukan jamur Trichoderma, di Kecamatan Bandar Pulau ditemukan 2 Jenis Trichoderma, dan di kabupaten Pakpak Barat ditemukan 1 Jenis Trichoderma sp.
9	Endang Sriningsih (2014)	Pemanfaatan Kulit Buah Pisang (Musa Paradisiaca L.) Dengan Penambahan Daun Bambu (Emb) Dan Em-4 Sebagai Pupuk Cair	Hasil penelitian yang telah dilakukan dari berbagai perlakuan diperoleh kandungan N, P, K pupuk cair kulit pisang dengan bioaktivator EM-4 lebih tinggi dibandingkan dengan bioaktivator daun bambu (EMB). Dengan penambahan daun bambu (EMB) dan EM-4, terdapat perbedaan kandungan N, P, K yang dihasilkan. Kandungan N, P, K paling tinggi dengan penggunaan EM-4 dengan konsentrasi 125ml, yaitu kandungan N sebanyak 0,17%, kandungan P sebanyak 106,53ppm, kandungan K sebanyak 1686,60ppm

---

10	Srie Juli Rachmawatie, Tri Pamujiasih , Tri Rahayu , M. Ihsan , Bagus Andika Fitroh, Deliar Muhammad Noor , Renaldi (2022)	Penggunaan Agen Hayati Trichoderma Sp. Untuk Pengendalian Hama Penyakit Pada Tanaman Pertanian Milik Petani Di Desa Kenokorejo, Polokarto, Sukoharjo	Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada petani tentang manfaat jamur Trichoderma sp. sebagai agen hayati yang murah dan ramah lingkungan serta cara pengaplikasiannya pada tanaman. Hasil pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa petani di kelompok tani SERUT menerima dengan baik cara membuat biakan Trichoderma sp dan mampu memperbanyak biakan Trichoderma sp. serta mengaplikasikannya pada tanaman padi di lahan sawahnya
----	---	---	--

---

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian eksperimental dengan studi kuantitatif berupa riset pengembangan yang bertujuan mengembangkan metode lumpur aktif. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian pengaruh penambahan MOL Nasi Seresah Bambu dalam penurunan kadar zat pencemar pada air limbah domestik.

#### 2.1.1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang diamati pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel bebas ini menjadi sebab berubah atau timbulnya variabel terikat. Pemilihan variabel bebas didasarkan pada faktor yang dapat memengaruhi proses penguraian zat organik pada bak anaerob berupa waktu kontak dan konsentrasi pemberial MOL Nasi Seresah Bambu.

Variasi waktu kontak yang digunakan didasarkan oleh kriteria desain *range* waktu kontak untuk bak anaerob oleh Nusa (2015) yakni 6 – 8 jam. Variasi konsentrasi didasarkan oleh variasi konsentrasi yang telah digunakan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Sari, dkk (2017) dan Badrah, dkk (2021) berkisar diantara 3%, 5%, 7%, dan 10%. Peentuan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini didasarkan oleh perbedaan hasil pengolahan pada penelitian sebelumnya yang menunjukkan kadar 3% dan 7% sudah mampu merepresentasikan perbedaan konsentrasi terhadap kualitas effluent.

Adapun variabel bebas dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

- a. Waktu kontak dengan variasi waktu 6, 7, dan 8 Jam
- b. Konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu dengan kadar 0%, 3%, dan 7%

**Tabel 4. Matriks penelitian**

Waktu Kontak	Konsentrasi		
	K1	K2	K3
T1	K1T1	K2T1	K3T1
T2	K1T2	K2T2	K3T2
T3	K1T3	K2T3	K3T3

Keterangan:

K1 : Konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu 0%

K2 : Konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu 3%

K3 : Konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu 7%

T1 : Waktu Kontak 6 Jam

T2 : Waktu Kontak 7 Jam

T3 : Waktu Kontak 8 Jam

### 2.1.2. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menunjukkan hasil pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat ini menjadi objek yang akan diamati. Adapun variabel terikat dalam penelitian kali ini berupa efektivitas pengolahan air limbah domestik dengan penambahan MOL Nasi Seresah Bambu dengan melihat efisiensi penyisihan zat pencemar berupa *Power of Hydrogen* (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Pemilihan parameter pH, BOD, COD, dan TSS sebagai variabel penelitian dilakukan karena ketiga parameter ini merupakan bagian dari karakteristik air limbah domestik yang dapat diolah secara langsung oleh pengolahan biologis.

### 2.1.3. Variabel kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel dapat berpengaruh terhadap variabel terikat. Akan tetapi, pengaruh dari variabel ini ditiadakan dengan cara dikontrol berupa kondisi variabel dibuat sama. Adapun variabel terkontrol dalam penelitian kali ini adalah jenis media yang digunakan dalam proses pengolahan secara anaerob.

## 2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada 10 Januari 2024 hingga 12 Agustus 2024. Penelitian ini dilakukan selama 215 hari, terhitung sejak dilakukannya perencanaan penelitian hingga penyelesaian laporan penelitian. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sebagai lokasi pengolahan air limbah dan pengujian sampel air limbah. Adapun lokasi pengambilan sampel air limbah adalah air limbah domestik yang berasal dari Perumahan Grand Sulawesi. Pemilihan lokasi pengambilan sampel didasarkan oleh sumber air dari perumahan tersebut dianggap telah mewakili air limbah domestik berdasarkan karakteristiknya.

## 2.3 Alat dan Bahan

### 2.3.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat pada beberapa tahapan penelitian dari perencanaan desain reactor, pengujian pengolahan, hingga pengujian hasil pengolahan. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Reaktor, digunakan untuk mengolah air limbah domestik dengan penambahan *bioactivator* berupa MOL Nasi Seresah Bambu
- b. pH Meter, digunakan untuk mengukur tingkat derajat keasaman air sampel air
- c. Statif, klem, dan buret, digunakan untuk melakukan titrasi larutan titran pada sampel air yang digunakan untuk mengukur parameter BOD dan COD.

- d. Alat vakum, digunakan untuk menghisap sampel air agar dapat melewati kertas saring sehingga TSS dapat tersaring dan diukur.
- e. Oven, digunakan untuk menguapkan air pada media saring.
- f. Desikator, digunakan untuk mendinginkan dan menyerap air pada media saring
- g. Timbangan analitik, digunakan untuk mengukur massa kertas saring sebelum dan setelah penyaringan.

### **2.3.2 Bahan**

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan pada beberapa tahap penelitian yaitu pengujian sampel sebelum dan sesudah pengolahan, Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Air limbah domestik, sebagai sampel yang akan diolah.
- b. Air bebas mineral (aquades), sebagai pengencer sampel air pada parameter yang sulit mengukur kadar zat pencemar tanpa adanya pengenceran.
- c. Reagen pengujian BOD dan COD, sebagai bahan kimia yang berperan untuk menunjukkan zat pencemar pada parameter BOD, COD dan ammonia.
- d. Kertas saring glass fiber, sebagai media yang digunakan untuk menyaring sampel air.

## **2.4 Populasi dan Sampel**

Penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, populasi dalam penelitian ini adalah air limbah domestik. Sedangkan, sampel yang digunakan adalah air limbah yang diolah air limbah domestik yang berasal dari air limbah domestik perumahan Grand Sulawesi

## **2.5 Pelaksanaan Penelitian**

### **2.5.1 Pembuatan MOL Nasi Seresah Bambu**

Pembuatan MOL Nasi Seresah Bambu ini menggunakan takaran yang telah ditetapkan oleh Balai Penyuluh Pertanian (BPP) Kecamatan Kendari Barat Kota Kendari pada modul Pembuatan Pupuk Organik Mikroorganisme Lokal dan beberapa pedoman yang penulis dapatkan selama melaksanakan KKN. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Nasi segar, bukan nasi yang sudah basi
2. Seresah bambu atau potongan bambu yang sedang melapuk. Bukan yang masih segar dan baru diambil dari pohonnya.
3. 5 liter Air bersih atau air cucian beras yang telah diberi gula merah sebanyak 3-5%.
4. Kotak kayu atau tempat lain yang cukup lembab dan terlindungi. Bisa juga pakai kardus.

Pembuatan MOL Nasi Seresah Bambu terdiri dari dua jenis fermentasi, yakni fermentasi kering dan fermentasi basah. Adapun cara pembuatan MOL Nasi Seresah Bambu adalah sebagai berikut:

1. Masukkan seresah bambu yang sedang melapuk ke dalam kotak
2. Masukkan nasi ke dalam kotak. Nasi dimasukkan dalam bentuk kepalan dengan berat  $\pm 50$  gram. Setelah nasi diberikan kembali seresah bambu di atasnya. Kotak dibiarkan di tempat yang sejuk, lembab, dan terlindungi dari sinar matahari selama kurang lebih 4 – 5 hari



#### Fermentasi Basah

3. Setelah fermentasi kering telah selesai, selanjutnya kepalan nasi hasil fermentasi kering digunakan dalam fermentasi basah. Ambil nasi yang telah ditumbuhi jamur (hasil dari fermentasi kering) dan masukan ke dalam air beras yang telah diberi gula merah. Satu kepalan nasi dicampurkan dengan 1 liter air beras dan 20 gr gula merah.
4. Larutkan nasi tersebut didalam air beras
5. Simpan di dalam botol/jerigen. Tutup jerigen diberi selang untuk aerasi
6. Biarkan selama satu minggu. Setelah satu minggu MOL bisa dipakai.

MOL yang telah jadi tersebut selanjutnya akan digunakan dalam pengolahan air limbah domestik. Volume MOL yang digunakan didasarkan oleh konsentrasi yang telah ditentukan, yakni 0%, 3%, dan 7% dari keseluruhan volume reaktor anaerob. Sebagai contoh, untuk variasi konsentrasi 3% pada reaktor dengan waktu kontak 6 jam yang memiliki volume reaktor  $7500 \text{ cm}^3$ , dibutuhkan MOL dengan volume  $3\% \times 7500 \text{ cm}^3 = 225 \text{ cm}^3$ , atau setara dengan 225 mL. Adapun volume MOL yang digunakan untuk setiap reaktor adalah sebagai berikut:

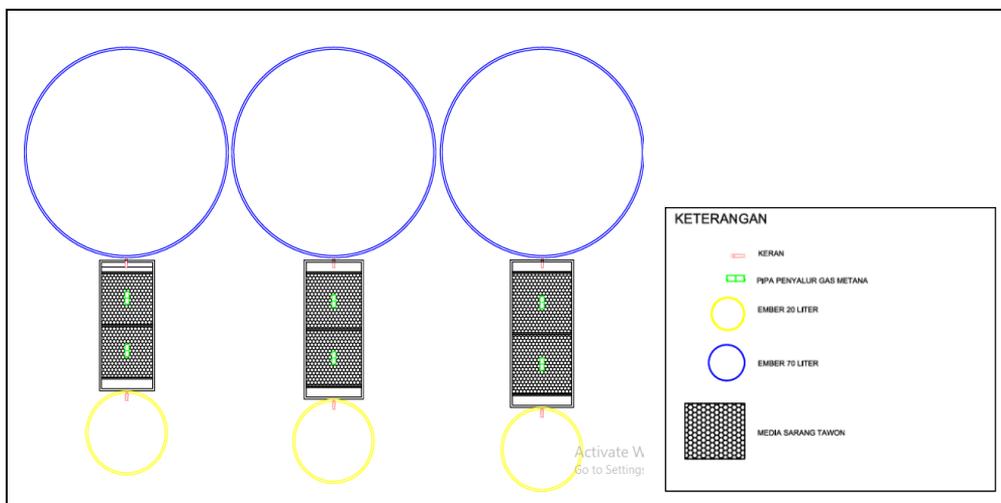
**Tabel 5. Volume MOL yang dibutuhkan sesuai konsentrasi untuk setiap reaktor**

Waktu Kontak	Volume Reaktor (mL)	Volume MOL yang di gunakan (mL)		
		0%	3%	7%
6 Jam	7500	0	225	525
7 Jam	8653.85	0	260	606
8 Jam	10227.27	0	307	716

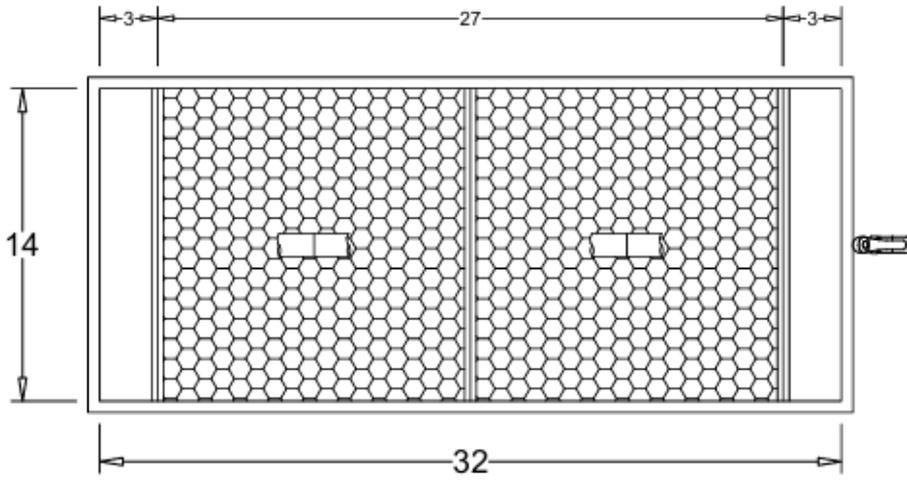
### 2.5.2 Perencanaan desain reaktor

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor anaerob. Pemilihan reaktor anaerob didasarkan pada karakteristik air limbah domestik yang mengandung senyawa organik kompleks ditandai dengan rasio BOD/COD yang kurang dari 0,2 dan selisih antara nilai BOD dan CODnya yang cukup signifikan. Reaktor anaerob sendiri merupakan teknologi pengolahan air limbah yang tepat untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik kompleks karena mikroorganisme anaerob dapat mendegradasi senyawa organik kompleks berantai Panjang menjadi lebih sederhana. Oleh karena itu, hal ini menjadi dasar penulis dalam memilih reaktor anaerob sebagai pengolahan air limbah yang digunakan.

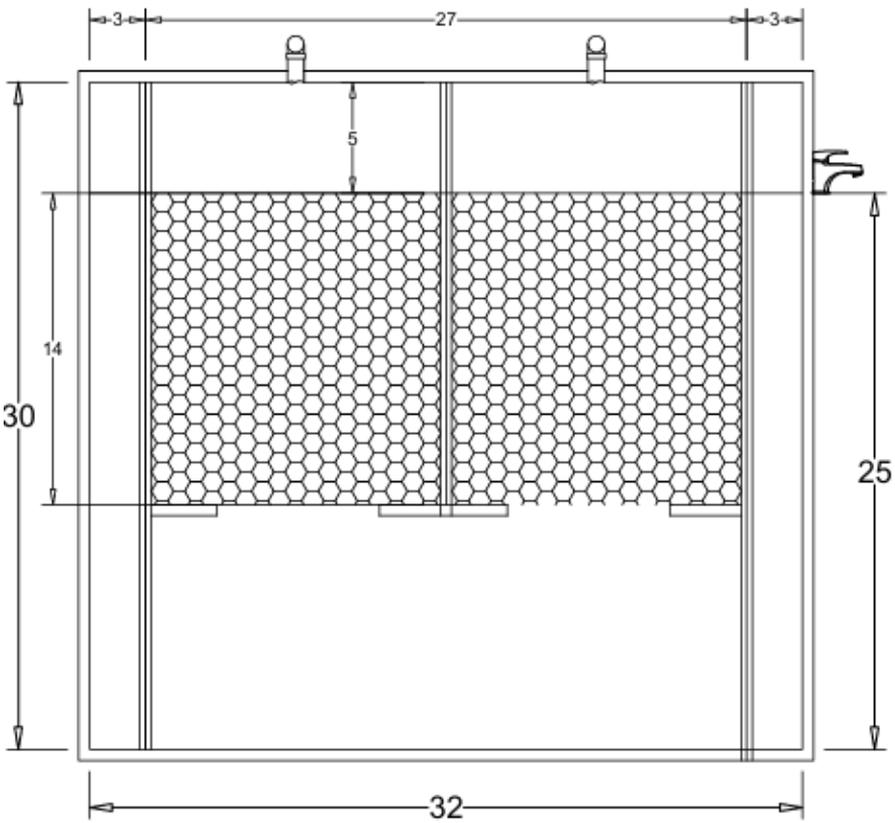
Perencanaan desain reaktor dilakukan dengan mempertimbangkan volume air limbah yang didasarkan dari variasi waktu kontak yang ditentukan. Keseluruhan pengolahan air limbah domestik yang dilakukan memiliki 3 komponen yakni bak penampung sampel air limbah domestik, reaktor pengolah air limbah domestik, dan bak penampung air hasil olahan. Bak penampung sampel air limbah domestik terbuat dari bahan plastik jenis *high density polyethylene* (HDPE) yang berukuran 70 liter. Reaktor didesain dengan tiga bagian pengolahan yakni unit sedimentasi awal, unit pengolahan secara anaerob, dan unit sedimentasi akhir. Reaktor yang digunakan terdiri dari 3 reaktor yang memiliki dimensi yang berbeda untuk setiap waktu kontak. Untuk bak penampung air hasil olahan terbuat dari bahan plastik jenis *high density polyethylene* (HDPE) yang berukuran 25 liter.



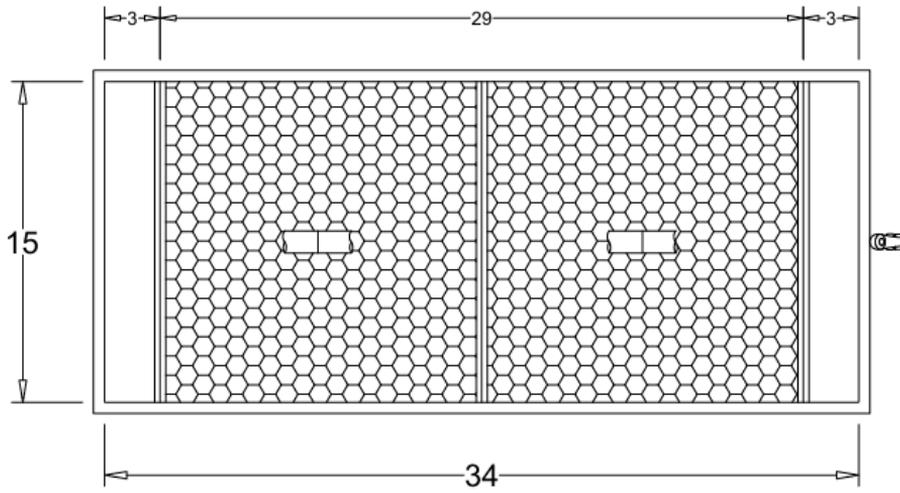
**Gambar 2. Desain unit pengolahan air limbah domestik**



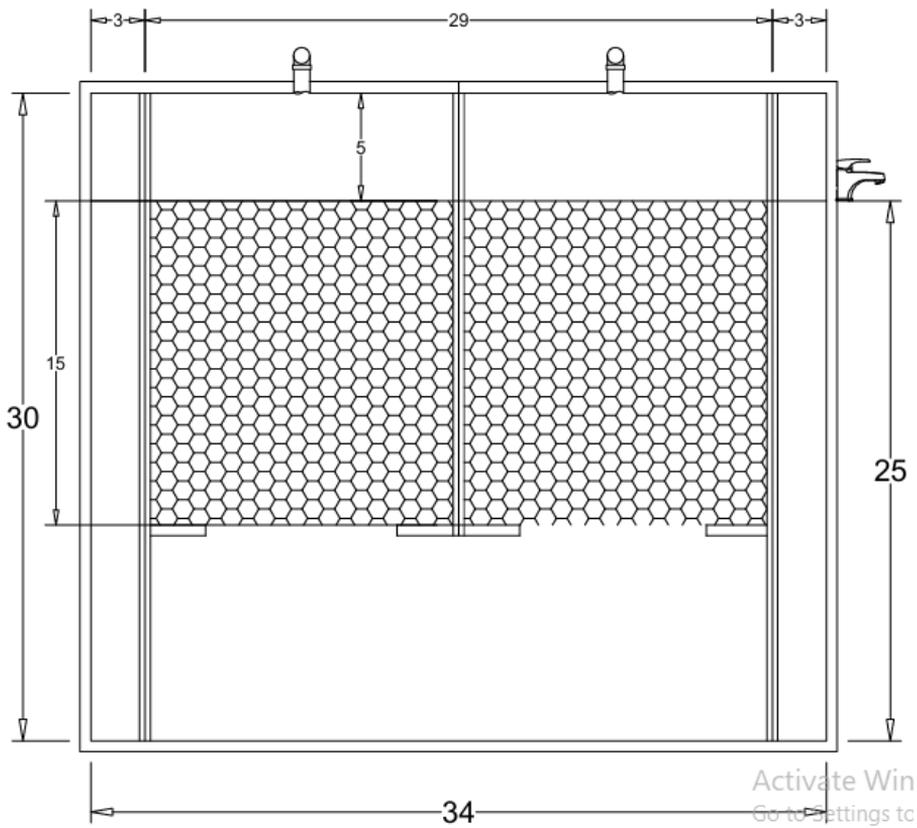
**Gambar 3. Tampak atas reaktor A**



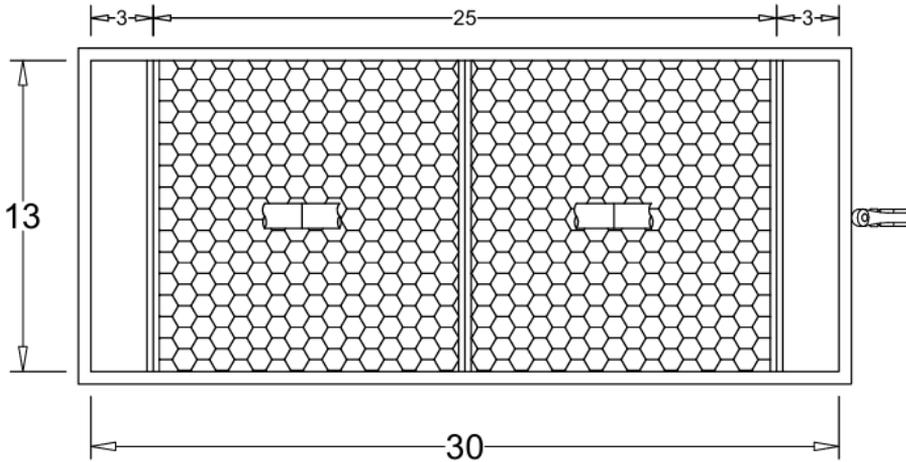
**Gambar 4. Tampak samping reaktor A**



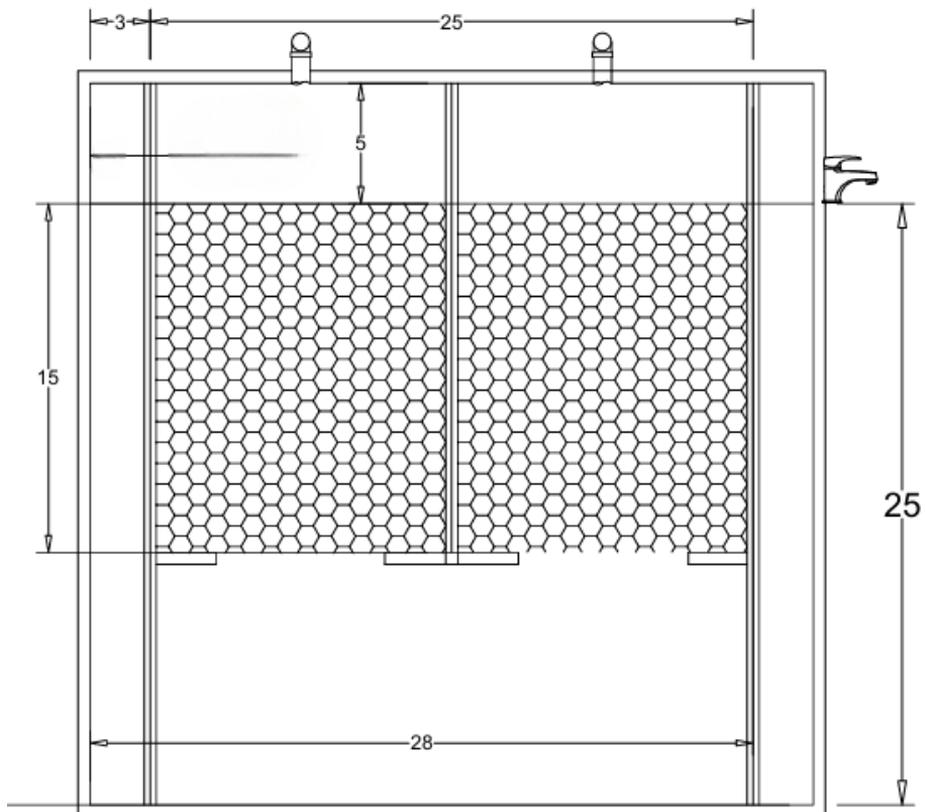
**Gambar 5. Tampak atas reaktor B**



**Gambar 6. Tampak samping reaktor B**



**Gambar 7. Tampak atas reaktor C**



**Gambar 8. Tampak samping reaktor C**

Reaktor di desain berdasarkan perhitungan yang mempertimbangkan perbedaan waktu kontak yang menyebabkan ketiga reaktor yang digunakan memiliki dimensi yang berbeda. Adapun dimensi reaktor dari panjang, lebar, dan tinggi yaitu

30, 12,5, dan 25 untuk waktu kontak 6 jam; 32, 13,5, dan 25 untuk waktu kontak 7 jam; dan 34, 14,5, dan 25 untuk waktu kontak 8 jam. Sehingga volume total reaktor adalah 13,125 L dengan volume hidrolis sebesar 9,375 L untuk waktu kontak 6 jam, 14,8 L dengan volume hidrolis sebesar 10,8 L untuk waktu kontak 7 jam, dan 16,575 L dengan volume hidrolis sebesar 12,325 L untuk waktu kontak 8 jam. Dimensi reaktor untuk setiap waktu kontak dapat dilihat sebagai berikut:

**Tabel 6. Dimensi reaktor A (waktu kontak 6 jam)**

	Pengendapan Awal	Anaerob	Pengendapan Akhir	Dimensi keseluruhan
<b>Panjang (cm)</b>	2.5	25	2.5	30
<b>Lebar (cm)</b>	12.5	12.5	12.5	12.5
<b>Tinggi (cm)</b>	25	25	25	25

**Tabel 7. Dimensi reaktor B (waktu kontak 7 jam)**

	Pengendapan Awal	Anaerob	Pengendapan Akhir	Dimensi keseluruhan
<b>Panjang (cm)</b>	2.5	27	2.5	32
<b>Lebar (cm)</b>	13.5	13.5	13.5	13.5
<b>Tinggi (cm)</b>	25	25	25	25

**Tabel 8. Dimensi reaktor C (waktu kontak 8 jam)**

	Pengendapan Awal	Anaerob	Pengendapan Akhir	Dimensi keseluruhan
<b>Panjang (cm)</b>	2.5	29	2.5	34
<b>Lebar (cm)</b>	14.5	14.5	14.5	14.5
<b>Tinggi (cm)</b>	25	25	25	25

### 2.5.3 Persiapan eksperimen

Persiapan eksperimen dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam eksperimen. Tahapan ini dimulai dengan pembuatan reaktor yang telah didesain sebelumnya kemudian akan dirangkaikan dengan unit lainnya membentuk sistem pengolahan air limbah. Tahap selanjutnya adalah mengambil sampel air limbah domestik di lokasi pengambilan sampel yang telah ditentukan berdasarkan SNI 6989.59:2008 Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah.

### 2.5.4 Pengujian pengolahan air limbah

Pengujian pengolahan air limbah dilakukan dengan mengalirkan sampel air limbah ke dalam sistem pengolahan air limbah. Volume reaktor sistem pengolahan air limbah akan disesuaikan dengan ketentuan variasi penelitian pada waktu kontak air limbah. Selain itu, konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu pada reaktor juga akan disesuaikan dengan ketentuan variasi penelitian yang ada. Pengaliran air limbah pada sistem pengolahan air limbah ini dilakukan secara kontinu. Pengujian ini dilakukan di lokasi pengujian pengolahan air limbah yang telah ditentukan.

### 2.5.5 Pengujian sampel air limbah

Pengujian sampel air limbah dilakukan pada sampel air limbah detergen setelah dan sebelum dilakukannya pengolahan. Pengujian sampel akan dilakukan secara duplo agar tingkat keakuratan data yang didapatkan lebih baik. Sampel yang mewakili sebagai konsentrasi awal zat pencemar adalah sampel air limbah yang diambil secara langsung di lokasi pengambilan sampel. Sedangkan, sampel yang mewakili sebagai konsentrasi akhir zat pencemar adalah sampel air limbah yang diambil pada bak penampung efluen setelah dilakukannya pengolahan. Pengujian ini dilakukan di lokasi pengujian pengolahan air limbah yang telah ditentukan yakni Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Pengujian sampel air limbah dilakukan pada parameter zat pencemar yang ditentukan. Adapun metode yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

**Tabel 9. Metode pengujian sampel**

No	Parameter	Satuan	Metode	Acuan Metode
1	<i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	mg/L	Titrimetri	SNI 06-6989.72-2009
2	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	mg/L	Refluks terbuka dan Titrimetri	SNI 06-6989.15-2004
3	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	mg/L	Gravimetri	SNI 6989.3:2009

#### 1. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Metode pengujian BOD mengacu pada SNI 06-6989.72-2009 Tentang Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand* (BOD)). Metode ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik pada sampel dengan menghitung oksigen terlarut pada hari 0 ( $DO_0$ ) dan oksigen terlarut pada hari ke 5 ( $DO_5$ ). Sampel diencerkan dengan Sejumlah contoh uji ditambahkan ke dalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 5 hari. Pengujian DO dilakukan dengan menambahkan  $MnSO_4$  dan NaOH-KI yang akan menghasilkan endapan  $MnO_2$ . Dengan menambahkan  $H_2SO_4$  atau HCl maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul  $I_2$

memunculkan senyawa iodium yang ekuivalen dengan DO. Pada saat penambahan  $H_2SO_4$  terjadi perubahan warna menjadi kuning yang mengindikasikan adanya oksigen terlarut. Penambahan indikator amilum akan memberikan warna biru pada larutan contoh uji. Indikator Amilum berperan sebagai uji kepekatan larutan karena warna biru kompleks menunjukkan indikator dalam penelitian. Titrasi dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat sampai sampel kembali berwarna bening. Adapun nilai BOD dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 1:

$$BOD \text{ (ppm)} = (DO_0 - DO_5) \times fp \quad (3)$$

Keterangan:

$DO_0$  = Oksigen terlarut hari 0 (mg/L)

$DO_5$  = Oksigen terlarut hari 5 (mg/L)

$Fp$  = Faktor pengenceran

Dimana penentuan nilai DO dapat diketahui berdasarkan persamaan 2

$$\text{Dissolved Oxygen (DO)} = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50} \quad (4)$$

Keterangan :

$V$  = volume larutan  $Na_2S_2O_3$  (mL)

$N$  = normalitas  $Na_2S_2O_3$  (N) = 0,025

$F$  = faktor winkler

## 2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Metode pengujian COD mengacu pada SNI 06-6989.15-2004 Tentang Air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri. Metode ini memanfaatkan asam sulfat dan kalium dikromat yang mengoksidasi zat organik pada contoh uji dalam refluks selama 2 jam. Perak sulfat digunakan sebagai katalisator yang mempercepat laju reaksi oksidasi zat organik. Kalium dikromat yang tidak tereduksi akan dihitung dengan titrasi larutan ferro ammonium sulfat (FAS). Pengujian ini juga dilakukan terhadap air bebas mineral (aquades) sebagai blanko. Nilai COD kemudian dapat didapatkan dari selisih volume larutan FAS yang digunakan contoh larutan contoh uji dengan blanko Adapun nilai konsentrasi COD dapat dihitung menggunakan Persamaan 3

$$COD \text{ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 8000 \times N}{V} \quad (5)$$

Keterangan:

$A$  = volume larutan FAS untuk larutan uji (mL)

$B$  = volume larutan FAS untuk blanko (mL)

$N$  = normalitas FAS (N)

$V$  = volume larutan contoh uji (mL)

## 3. *Total Suspended Solid (TSS)*

Metode pengujian TSS mengacu pada SNI 6989.3:2019 Tentang Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (total suspended solids/TSS) secara gravimetri. Metode ini memanfaatkan media penyaring dengan ukuran porositas 0,7  $\mu m$  hingga 1,5  $\mu m$  yang akan menahan padatan pada contoh uji. Residu yang tertahan kemudian dikeringkan hingga mencapai berat tetap. Kenaikan pada

media penyaring inilah yang mewakili TSS. Adapun nilai konsentrasi TSS dapat dihitung menggunakan Persamaan 4

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 10^3}{V} \quad (6)$$

Keterangan:

W = Berat hasil penimbangan (mg)

V = Volume larutan contoh uji (mL)

## 2.6 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif sehingga dalam pengumpulan data dilakukan dengan melakukan eksperimen yang menghasilkan data eksperimental. Data eksperimental yang dikumpulkan berupa data primer dalam kondisi terkendali secara in situ. Data ini didapatkan dengan menguji parameter zat pencemar berupa pH, BOD, COD, dan TSS pada air limbah domestik sebelum dan setelah dilakukannya pengolahan air yakni dengan penambahan MOL Nasi Seresah Bambu dalam kondisi anaerob.

## 2.7 Teknik Analisis Data

### 2.7.1. Analisis persentase penurunan

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data eksperimental yang telah dikumpulkan pada pengujian parameter pH, BOD, COD, dan TSS. Data ini akan dianalisis menggunakan metode analisis statistika untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi MOL Nasi Seresah Bambu dan waktu kontak terhadap nilai pH, BOD, COD, dan TSS air limbah domestik. Data konsentrasi akhir zat pencemar kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik yakni Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 Tahun 2016 untuk menentukan konfigurasi pengolahan yang optimal. Selain itu, dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan pada parameter pH, BOD, COD, dan TSS untuk mengetahui kemampuan pengolahan reaktor anaerob dengan penambahan MOL Nasi Seresah Bambu. Nilai efisiensi penyisihan dapat diketahui menggunakan persamaan 5

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

C<sub>0</sub> = Konsentrasi awal

C<sub>1</sub> = Konsentrasi akhir

### 2.7.2. Analisis regresi berganda

Analisis regresi berganda bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dua atau lebih variable bebas (X) terhadap variable terikat (Y). Uji t bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial (sendiri) yang diberikan variable bebas (X) terhadap variable terikat (Y). uji F bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh simultan (bersama-sama) yang diberikan variabel bebas (X) terhadap variable terikat (Y). Koefisien ditrminasi berfungsi untuk mengetahui berapa persen pengaruh yang diberikan variabel X secara simultan terhadap variabel Y.

Adapun dasar pengambilan keputusan pada uji t dan uji f adalah sebagai berikut:

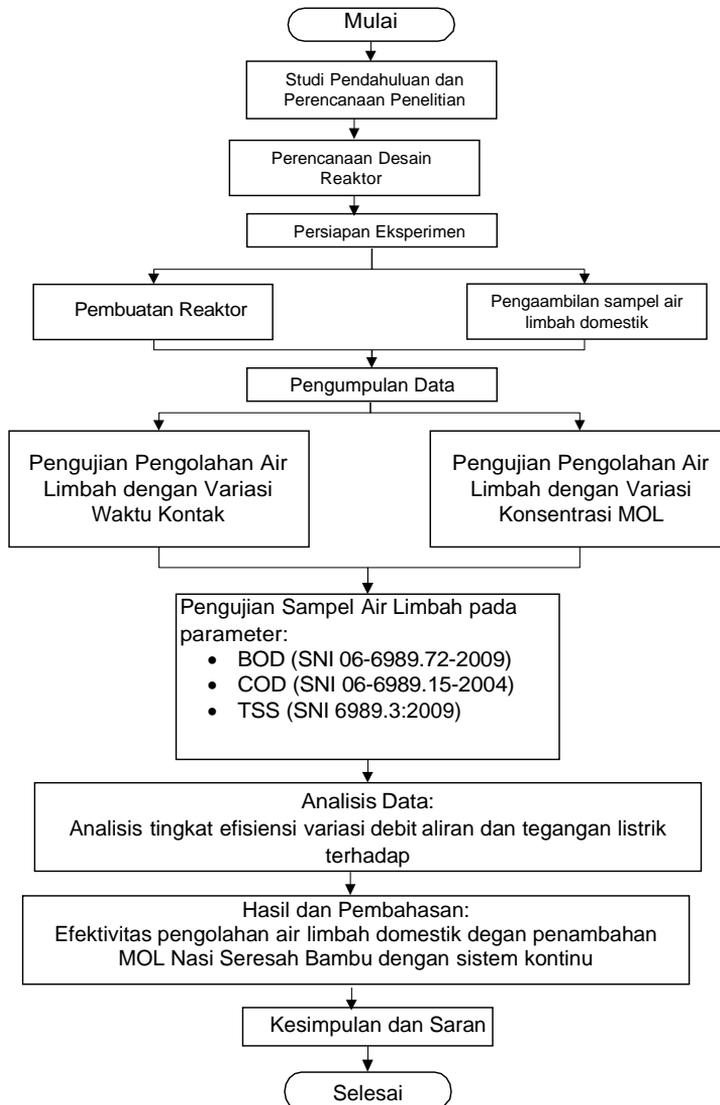
a. Uji t

1. Jika nilai sig < 0,05 atau t hitung > t tabel, maka terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y
2. Jika nilai sig > 0,05 atau t hitung < t tabel, maka tidak terdapat pengaruh variabel X terhadap variabel Y
3. Penentuan nilai t tabel = t ( $\alpha/2$ ; n-k-1), dengan  $\alpha$  adalah nilai koreksi, n adalah jumlah sampel, dan k adalah jumlah variabel bebas

b. Uji F

1. Jika nilai sig < 0,05 atau F hitung > F tabel, maka terdapat pengaruh variabel X secara simultan terhadap variabel Y
2. Jika nilai sig > 0,05 atau F hitung < F tabel, maka tidak terdapat pengaruh variabel X secara simultan terhadap variabel Y
3. Penentuan nilai F tabel = F (k; n-k), dengan n adalah jumlah sampel, dan k adalah jumlah variabel bebas

## 2.8 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 9. Diagram Alir Penelitian**