

**EFEKTIVITAS METODE FILTRASI DALAM PENURUNAN KADAR
PARAMETER LINDI DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA)
REGIONAL BLANG BINTANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**ADEN GUNTARA
NIM. 200702036**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M/1447 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

EFEKTIVITAS METODE FILTRASI DALAM PENURUNAN KADAR PARAMETER LINDI DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) REGIONAL BLANG BINTANG

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:
ADEN GUNTARA
NIM. 200702036

Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

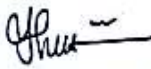
Pembimbing I

Pembimbing II


Husnawati yahya, S.si., M.sc
NIP.1983110920140302002


Muhammad Haikal, ST., M.sc.
NUPTK.4557773674130302

Mengetahui,
Ketua Prodi Studi Teknik Lingkungan


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS METODE FILTRASI DALAM PENURUNAN
KADAR PARAMETER LINDI DI TEMPAT PEMROSESAN
AKHIR (TPA) REGIONAL BLANG BINTANG**

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan.

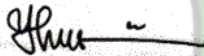
Pada Hari/Tanggal: Selasa, 18 November 2025

Selasa, 27 jumadil awal 1446 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,

Sekretaris,



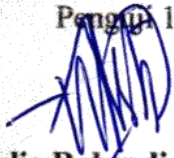
Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301



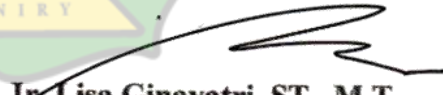
Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
Nuptk. 4557773674130302

Penguji 1

Penguji 2



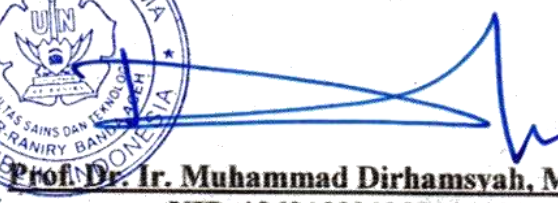
Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202



Ir. Lisa Ginavatri, ST., M.T
NIDN.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh




Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aden Guntara

NIM : 200702036

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Kadar Parameter Lindi Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) REGIONAL BLANG BINTANG Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 17 januari 2026

Yang Menyatakan,



Aden Guntara

ABSTRAK

Nama : Aden Guntara
Nim :200702036
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan
Kadar Parameter Pada Lindi Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Regional
Blang Bintang
Tanggal sidang : september 2025
Jumlah halaman :
Pembimbing I : Husnawati Yahya, M.Sc.,
Pembimbing II : muhammad haikal,S.T.,M.sc.
Kata kunci : Lindi, Filtrasi,BOD, COD, TSS, pH

Lindi merupakan cairan hasil dekomposisi sampah organik yang bercampur dengan air hujan di TPA. Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas metode filtrasi dalam menurunkan parameter lindi (BOD, COD, TSS, dan pH) di TPA Regional Blang Bintang. Metode eksperimental dengan analisis deskriptif kuantitatif digunakan pada sampel dari kolam outlet IPL. Sistem filtrasi menggunakan media bertingkat: kerikil, pasir zeolit, ijuk, dan arang aktif. Hasil analisis awal menunjukkan parameter lindi belum memenuhi baku mutu Permenkes No. 59 Tahun 2016 (pH 9,3; BOD 422 mg/l; COD 749 mg/l; TSS 521 mg/l). Setelah filtrasi, terjadi penurunan signifikan: TSS 82,53% (521 menjadi 91 mg/l), BOD 71,09% (422 menjadi 122 mg/l), COD 62,62% (749 menjadi 280 mg/l), dan pH 9,3 menjadi 8,3. Semua parameter setelah filtrasi telah memenuhi baku mutu. Metode filtrasi sederhana ini efektif dan dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan lindi yang ekonomis di TPA.

ABSTRAK

Name : Aden Guntara
Student ID Number : 200702036
Departement : Environmental Engineering
Title : Effectiveness of Filtration Method in Reducing Parameter Levels in Leachate at Regional Final Processing Sites (TPA)
Date Of Session : september 2025
Number Of Pages :
Advisor I : Husnawati Yahya, M.Sc.,
Advisor II : muhammad haikal, S.T., M.sc.,
Keywords : Leachate, Filtration, Bod, Cod, Tss, Ph

Leachate is a liquid resulting from the decomposition of organic waste mixed with rainwater in a landfill. This study aims to determine the effectiveness of the filtration method in reducing leachate parameters (BOD, COD, TSS, and pH) in the Blang Bintang Regional Landfill. An experimental method with quantitative descriptive analysis was used on samples from the IPL outlet pond. The filtration system uses tiered media: gravel, zeolite sand, palm fiber, and activated charcoal. The results of the initial analysis showed that the leachate parameters did not meet the quality standards of the Minister of Health Regulation No. 59 of 2016 (pH 9.3; BOD 422 mg/l; COD 749 mg/l; TSS 521 mg/l). After filtration, there was a significant decrease: TSS 82.53% (521 to 91 mg/l), BOD 71.09% (422 to 122 mg/l), COD 62.62% (749 to 280 mg/l), and pH 9.3 to 8.3. All parameters after filtration met quality standards. This simple filtration method is effective and can be an economical alternative for leachate treatment in landfills.

KATA PENGANTAR

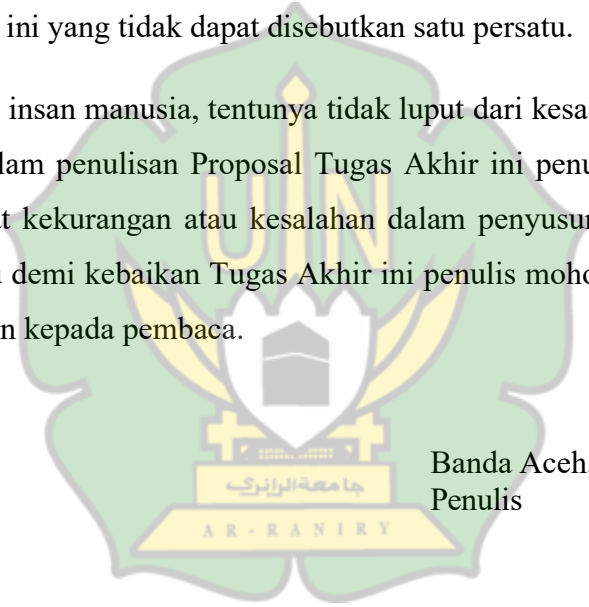
Puji syukur kehadirat Allah Swt yang telah memberikan kesempatan dan melimpahkan karunia-Nya, khususnya terhadap karunia nikmat iman dan islam, dengan keduanya kemudian diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. *Shalawat* beriring Salam tidak lupa dihaturkan kepada Baginda Nabi Muhammad Saw. Ucapan rasa syukur kepada Allah Swt karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “EFEKTIVITAS METODE FILTRASI DALAM PENURUNAN KADAR PARAMETER LINDI DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) REGIONAL BLANG BINTANG”. Adapun Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kurikulum pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, untuk dapat mencapai gelar Sarjana Teknik Lingkungan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Ahmad Jailani dan Ibunda Yusmanijar selaku orang tua dari penulis yang selalu senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam penyusunan tugas akhir ini. Kemudian, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof.Dr. Ir M. Dirhamsyah, M.T.,IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, dan selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing saya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T.,M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Bapak Muhamad Haikal, S.T., M.sc. selaku dosen pembimbing II dalam pelaksanaan pembuatan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan dan mengajarkan ilmu kepada penulis.
6. Ibu Firda Elvisa, S.pd., sebagai yang telah membantu dalam proses administrasi
7. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku laboran Program Studi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan analisis awal di laboratorium.
8. Teman-teman seangkatan Teknik Lingkungan 2020.
9. Para sahabat dan teman yang selalu membantu dan memberikan semangat
10. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Sebagai insan manusia, tentunya tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan. Begitu juga dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan atau kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu demi kebaikan Tugas Akhir ini penulis mohon maaf dan meminta kritik serta saran kepada pembaca.



Banda Aceh, 16 september 2025
Penulis

ADEN GUNTARA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	
10.1 Latar Belakang	1
10.2 Rumusan Masalah	3
10.3 Tujuan Penelitian	3
10.4 Manfaat Penelitian	3
10.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 TPA Regional Blang Bintang.....	4
2.2 <i>Controlled Landfill</i> (Penimbunan terkendali)	5
2.3 <i>Leachate Treatment Plant</i> (LTP).....	5
2.4 Karakteristik Lindi.....	7
2.5 Metode Filtrasi	10
2.6 Pasir Zeolit	12
2.7 Media Arang Aktif	13
2.8 Media Ijuk	14
2.9 Media Pasir Silika	15
2.10 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahapan Umum Penelitian	19
3.2 Pengambilan Sampel	22
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	22
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel	22
3.3 Eksperimen	23
3.3.1 Desain Media Filtrasi.....	23
3.3.2 Alat Dan Bahan Eksperimen.....	24
3.3.3 Cara Kerja Media Filtrasi Sederhana	26
3.4 Variasi Penelitian	26
3.4.1 Pengukuran Parameter Lindi.....	27
3.5. Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kemampuan Metode Filtrasi Dalam Menurunkan Parameter Lindi TPA	29
4.2 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter Lindi	32
4.2.1 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter COD.....	33
4.2.2 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter TSS.....	34
4.2.3 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter BOD	35
4.2.4 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter PH.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38

DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Controlled Landfill Tpa Regional Blang Bintang	5
Gambar 2.2 Kolam Anaerobik	6
Gambar 2.3 Kolam Anoksik.....	7
Gambar 2.4 Kolam Aerasi.....	7
Gambar 2.7 Pasir Zeolit.....	13
Gambar 2.8 Gambar Arang Aktif.....	14
Gambar 2.9 Gambar Media Ijuk.....	14
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	21
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	22
Gambar 3.3 Tempat Pengambilan Sampel	23
Gambar 3.4 Rancangan Proses Filtrasi Air Lindi.....	23
Gambar 4.1 Grafik Batang Parameter Yang Diuji Coba Pada Air Lindi Kolam Outlet Akhir.....	32
Gambar 4. 2 (a) Lindi Sebelum Melalui Proses Filtrasi, (b) Lindi Setelah Melalui Proses Filtrasi	35
Gambar 3.5 Tambahan Kain kasa pada bagian bawah media.....	23



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil Analisis Awal Parameter Lindi	2
Tabel 2.1.Parameter Air Lindi.....	9
Tabel 3.1 Alat Dan Bahan Eksperimen	24
Tabel 3.2 Variasi Penelitian	27
Tabel 3. 3 Pengukuran Parameter Air Lindi.....	27
Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Parameter Ph,BOD,COD Dan TSS.....	29
Tabel 4.2 Hasil Analisis Parameter Setelah Melalui Proses Filtrasi	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lindi adalah cairan yang terbentuk dari hasil dekomposisi sampah organik dan air hujan yang meresap melalui tumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA). Cairan ini memiliki karakteristik fisik berwarna hitam kecoklatan, berbau tidak sedap, dan mengandung berbagai zat pencemar. Lindi terbentuk ketika air hujan atau air permukaan lainnya menembus timbunan sampah dan bercampur dengan berbagai komponen kimia yang terkandung dalam sampah tersebut, menghasilkan cairan yang sangat tercemar (Damanhuri dan Padmi, 2016).

Komposisi lindi bervariasi tergantung pada beberapa faktor, seperti jenis sampah, umur TPA, iklim, dan kondisi hidrogeologi setempat. Secara umum, lindi mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi BOD (*biology chemical demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*), senyawa nitrogen (terutama amonia), logam berat (seperti kadmium, seng, tembaga, timbal, dan nikel), serta mikroorganisme patogen. Karakteristik ini menjadikan lindi sebagai salah satu sumber pencemaran air yang potensial jika tidak dikelola dengan baik, karena dapat mencemari air tanah dan air permukaan (Rahmawati dan Azizah, 2018).

Dampak lindi terhadap lingkungan sangat signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Pencemaran air tanah akibat rembesan lindi dapat menyebabkan kontaminasi sumber air minum masyarakat sekitar TPA. Selain itu, lindi yang mencemari perairan permukaan dapat menurunkan kualitas air sungai dan danau, menyebabkan eutrofikasi, serta membahayakan ekosistem akuatik. Dari aspek kesehatan, paparan terhadap air yang terkontaminasi lindi dapat meningkatkan risiko penyakit seperti diare, penyakit kulit dan gangguan pernapasan pada masyarakat yang tinggal di sekitar TPA (Notodarmojo dan Astuti, 2019).

Hal ini disebabkan oleh beberapa metode penanganan lindi yang umum diterapkan di Indonesia meliputi metode fisik (sedimentasi, filtrasi), metode kimia (koagulasi, flokulasi, oksidasi), dan metode biologis (aerobik, anaerobik). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menjadi solusi teknis yang banyak diterapkan di TPA modern untuk mengolah lindi sebelum dibuang ke lingkungan. Efektivitas

pengolahan lindi sangat tergantung pada desain, operasi, dan pemeliharaan IPAL yang tepat (Mulasari,dkk, 2016).

Hasil analisis awal parameter air lindi tepatnya pada kolam outlet akhir, menunjukkan bahwa lindi yang sudah mengalami perlakuan atau pengolahan pada Instalasi Pengolahan lindi (IPL) belum memenuhi baku mutu sehingga lindi akan menjadi masalah serius jika tidak dilakukan pengolahan dengan baik sebelum dibuang ke badan air, hasil uji pendahuluan parameter lindi di TPA Regional Blang Bintang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. 1 Hasil Analisis Awal Parameter Lindi

Parameter	Baku Mutu Lindi		Hasil Uji Pendahuluan Lindi awal	Keterangan
	Nilai	Satuan	Nilai	
pH	6-9	-	9,3	Belum memenuhi
BOD	150	mg/l	422	Belum memenuhi
COD	300	mg/l	749	Belum memenuhi
TSS	100	mg/l	521	Belum memenuhi

Penelitian tentang metode filtrasi sederhana pernah dilakukan oleh (Gemala dan Ulfah 2020).Dimana efektifitas tertinggi dalam menurunkan TSS adalah ketebalan 10cm sebesar 11,76%. Efektifitas tertinggi dalam menurunkan kadar pH, COD, BOD dan N total adalah ketebalan 20cm sebesar 19,6%, 22,6%, 35,5% dan 33,33%. Untuk Hg dan Cd, proses filtrasi untuk setiap ketebalan tidak efektif dalam menurunkan kadar logam berat tersebut.

Adapun beberapa cara studi menunjukkan bahwa kombinasi teknologi pengolahan dapat menghasilkan efisiensi penurunan kadar pencemar yang lebih tinggi.Salah satu metode yang sering digunakan adalah Filtrasi sederhana karena dengan metode ini sangat efektif.(Purwanta, 2018).

Berdasarkan latar belakang beberapa penelitian di atas, maka perlu dilakukan pengujian efektifitas metode filtrasi sederhana dalam pengolahan lindi dari TPA Regional Blang Bintang kabupaten Aceh Besar untuk mengurangi beberapa parameter pencemar, sehingga diperoleh gambaran mengenai efisiensi dan kemampuan metode Filtrasi sederhana dalam mereduksi beberapa parameter lindi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana variasi ketebalan kualitas lindi sebelum dan sesudah melewati proses filtrasi di TPA Regional Blang Bintang?
2. Bagaimana efektivitas metode filtrasi dalam menurunkan parameter lindi yaitu BOD, COD, TSS dan pH di TPA Regional Blang Bintang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui tingkat efektivitas metode filtrasi dalam menurunkan kadar parameter lindi kolam outlet di TPA Regional Blang Bintang.
2. Mengetahui kadar parameter lindi (seperti BOD, COD, TSS, pH) sebelum dan sesudah proses filtrasi di TPA Regional Blang Bintang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini dapat dirumuskan dengan:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan pengetahuan tentang teknologi pengolahan air lindi, khususnya menggunakan metode filtrasi
2. Menjadi alat alternatif dalam pengolahan air limbah cair dan pengelolaan TPA
3. Memperkaya kajian tentang efektivitas berbagai media filter dalam pengolahan air lindi.

1.5 Batasan Penelitian

1. Lokasi pengambilan sampel adalah pada kolam terakhir sebelum dialirkan ke pipa outlet
2. Parameter lindi yang dianalisis dibatasi pada parameter utama yaitu BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) COD (*Chemical Oxygen Demand*) TSS (*Total Suspended Solid*) dan pH Kekeruhan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TPA Regional Blang Bintang

TPA regional blang bintang berlokasi di kecamatan Blang Bintang kabupaten Aceh besar. Secara letak geografis TPA Blang Bintang berada pada 950 27'50" s/d 950 28'57" BT, 50 30'36" S/D 50 31'42" LU.6, TPA regional Blang Bintang ini mulai di bangun di tahun 2011 dan rampung dibangun pada tahun 2012, lalu mulai aktif di operasikan mulai tahun 2014 sampai saat sekarang. TPA Blang Bintang memiliki total luas lahan sebesar 206 Ha, sedangkan yang baru digunakan sebanyak 40 hektar. Berdasarkan data yang berasal dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasioal (SIPSN) tahun 2022, berat total sampah yang masuk ke TPA Regional Blang Bintang adalah 35,669.03 Ton/Tahun.

Menurut SNI 19-2454-2002 tentang Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, secara umum teknologi pengolahan sampah dibedakan menjadi 3 metode yaitu, penimbunan terkendali (*controlled landfill*), lahan urug saniter (*sanitary landfill*), dan penimbunan sampah (*open dumping*). Dalam memenuhi sistem pengoperasian yang diterapkan dalam SNI tersebut, TPA Regional Blang Bintang menggunakan metode penimbunan terkendali (*controlled landfill*) dalam pengelolaan sampah tersebut (Ramadhani,dkk.2020)

Karakteristik lindi di TPA Blang Bintang perlu dikelola secara khusus mengingat potensi pencemarannya terhadap air tanah dan sungai di sekitar lokasi. Studi oleh Rahmadi dkk. (2021) dalam Jurnal Lingkungan Hidup Indonesia menyebutkan bahwa lindi di TPA dengan iklim basah seperti Aceh memiliki konsentrasi polutan 2-3 kali lebih tinggi dibanding TPA di daerah kering. Pengelolaan lindi di Blang Bintang umumnya melibatkan kolam pengendapan, aerasi, atau sistem filtrasi untuk mengurangi toksisitas sebelum dibuang ke lingkungan.

Karakteristik Lindi di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Blang Bintang, Aceh.lindi yang dihasilkan di TPA Blang Bintang, Aceh, memiliki karakteristik khas yang dipengaruhi oleh komposisi sampah, iklim tropis, dan sistem pengelolaan sampah setempat. Secara umum, lindi di TPA ini mengandung bahan organik tinggi

seperti Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) yang berasal dari dekomposisi sampah organik (sisa makanan, daun, kayu). Tingginya curah hujan di Aceh juga mempercepat proses pelindian, sehingga volume lindi yang terbentuk cenderung besar. Selain itu, lindi di Blang Bintang diduga mengandung logam berat (seperti timbal, merkuri, dan kadmium) dari limbah elektronik atau bahan kimia yang tercampur dalam sampah, serta amonia akibat degradasi protein. pH lindi biasanya bersifat asam pada fase awal dekomposisi, tetapi dapat berubah menjadi basa seiring waktu. Kandungan bakteri patogen (seperti *E. coli*) juga mungkin terdapat akibat pembusukan sampah domestik (Darnas,dkk 2020)



Gambar 2. 1 *Controlled Landfill* TPA Regional Blang Bintang

2.2 *Controlled Landfill* (Penimbunan terkendali)

Penimbunan terkendali adalah salah satu metode pengelolaan limbah yang dilakukan dengan cara membuang limbah ke dalam suatu tempat yang telah disediakan dan diperlukan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penimbunan terkendali dilakukan dengan cara membuang limbah ke dalam suatu tempat yang telah disediakan dan diperlukan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

2.3 *Leacheate Treatment Plant* (LTP)

Leacheate Treatment Plant atau Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) adalah sebuah struktur teknik yang mencakup perangkat, peralatan, beserta perlengkapannya yang dirancang secara khusus dan sedemikian rupa untuk dapat

memproses atau mengolah cairan sisa proses, sehingga sisa proses tersebut menjadi layak dibuang ke lingkungan.

TPA Regional Blang Bintang memiliki Instalasi Pengolahan Lindi yang terdiri dari kolam penampungan (*buffer pond*), kolam stabilisasi, kolam *clarifier*, kolam *tickner* dan kolam *reedbed*. Pada kolam stabilisasi terdapat tiga pengolahan umum yang terdiri dari Kolam Anerobik, Kolam Anoksik, Kolam Aerasi.

a. Kolam Anaerobik

Kolam anerobik merupakan kolam yang dapat menerima beban organik tinggi, kolam anaerobik sendiri berfungsi sebagai pengurai kandungan zat BOD dan COD serta padatan tersuspensi (TSS) dengan cara tanpa oksigen dan reaksi penguraian yang terjadi di dalam kolam anaerobik lebih cepat terjadi di wilayah yang memiliki temperatur suhu yang panas/hangat, maka dari itu sangat cocok terlebih di daerah Blang Bintang termasuk wilayah yang bersuhu panas. Kolam anaerobik memiliki ukuran $15\text{ m} \times 4,5\text{ m}$ dan memiliki kedalaman 4,5 meter serta memiliki volume 3.700 m^3 . Kolam anaerobik ini mempunyai fungsi untuk mengurangi kadar cod dan bod yang ada pada air lindi yang diolah dari kolam anerob ini.



Gambar 2.2 Kolam Anaerobik

b. Kolam Anoksik

Kolam anoksik merupakan kolam yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa nitrit dan nitrat, sehingga pada akhirnya hasil olahan air lindi yang keluar telah bebas dari senyawa nitrat. Pada kolam anoxic sendiri, memiliki fungsi untuk mengurangi nitrogen yang terdapat pada air limbah. Pada kolam anoxic sendiri memiliki alat yaitu Mixer.



Gambar 2.3 Kolam Anoksik

C. Kolam Aerasi

Kolam aerasi merupakan proses terakhir yang pada kolam stabilisasi yang berada pada TPA Regional Blang-bintang ini, Kolam aerasi merupakan kolam yang didalamnya dilakukan oksidasi dengan menggunakan aerator, guna meningkatkan oksigen pada air yang telah di olah. Kandungan oksigen terlarut minimal 2 mg per liter rata-ratanya 5 mg per liter. Kolam aerasi memiliki luas dengan panjang 15 m $\times$ 4,5 m dan memiliki kedalaman 3,5 meter serta memiliki volume 2.500 m³. Kolam aerasi ini juga mempunyai 2 alat yang berada pada kolam ini, yaitu Aerator, yang memiliki fungsi untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara.



Gambar 2.4 kolam aerasi

2.4 Karakteristik Lindi

Air Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak senyawa sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang tinggi (Ramadhani & Asrifah, 2020). Air lindi juga didefinisikan

sebagai limbah cair yang dihasilkan dari perkolasi air hujan yang melewati timbunan sampah itu sendiri (Darnas dkk., 2020). Sampah yang terakumulasi ini menghasilkan limbah cair (lindi) yang dikumpulkan di dalam kolam penampungan. Kemampuan lindi untuk menembus tanah dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan sekitarnya (Laksono dan Rachmanto, 2020).

Lindi yang dihasilkan oleh TPA memiliki sifat toksik dan berbahaya apabila langsung terpapar pada lingkungan (Marendra, 2020). Lindi dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak dilakukan pengelolaan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Toksisitas air lindi berasal dari kandungan senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri patogen yang terkandung di dalamnya (Mawuntu dkk., 2023). Dalam usaha untuk mengurangi dampak negatif yang timbul akibat pengolahan air lindi yang belum optimal, diperlukan metode pengolahan lindi yang sesuai. Terdapat beberapa proses pengolahan yang dapat diterapkan untuk memproses lindi ini. Metode pengolahan ini mencakup pendekatan fisik, kimia, dan biologis.

Beberapa metode pengolahan fisik atau kimia yang dapat digunakan meliputi filtrasi, air stripping, steam stripping, adsorpsi, pertukaran ion, dan lain sebagainya. Di sisi lain, metode pengolahan biologis yang dapat digunakan mencakup activated sludge, sequencing batch reactor, aerated stabilization basin, fixed film process, anaerobic lagoon, serta proses nitrifikasi atau denitrifikasi (Moeller, 2019).

Karakteristik limbah lindi dapat dilihat melalui karakteristik fisik, kimia dan biologi. Karakteristik fisik yang dimiliki lindi antara lain warna, suhu, kekeruhan dan bau. Karakteristik biologis yang ada di lindi yaitu koliform, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, dan *Pseudomonas*. Karakteristik kimia yang ada pada lindi antara lain pH, COD, BOD, DO, alkalinitas, kesadahan, logam berat, lemak atau minyak, fenol dan sebagainya (Hariyanto dkk., 2013).

Karakteristik lindi dibagi menjadi karakteristik fisik, kimia dan biologi. Lindi juga mempunyai karakteristik yang dipengaruhi oleh curah hujan, umur *landfill* dan tingkat perkolasi air yang masuk ke *landfill*, kuantitas sampah, jenis dan komposisi sampah, tingkat stabilisasi *landfill*, kelembaban *landfill*, posisi dan waktu pengambilan sampel. Tahapan proses degradasi pada *landfill* dimulai pada fase awal atau biasa disebut fase aerobik transisi yang berkisar 0-5 tahun, selanjutnya

masa pembentukan asam dimulai dari 5-10 tahun, kemudian masuk ke fase fermentasi metan berkisar 10-20 tahun dan fase maturasi takhkir berkisar lebih dari 20 tahun (Fajariyah dan Mangkoedihardjo, 2017).

2.4.1 Parameter Lindi

Terdapat beberapa parameter yang harus memenuhi standar kualitas yang berlaku untuk limbah lindi, yakni sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 59 tahun 2016 mengenai Standar Kualitas Air Lindi.

Tabel 2.1. parameter air lindi

Parameter	Kadar Maksimum	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/l
COD	300	mg/l
TSS	100	mg/l
N- Total	60	mg/l
Merkuri	0,005	mg/l
Kadium	0,1	mg/l

*Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016*

2.4.1.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

Untuk mengetahui seberapa jauh beban pencemaran pada air limbah salah satu nya adalah dengan mengukur BOD. BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan yang mempunyai peran untuk memecah, mendegradasi atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat di air lingkungan jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Hartono dkk., 2019).

2.4.1.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Salah satu parameter kimia yang digunakan untuk mengetahui kandungan bahan pencemar didalam air adalah COD (Setyaningrum dkk., 2022). COD adalah banyaknya oksigen yang yang dikonsumsi mikroorganisme selama oksidasi bahan

organik yang dapat teroksidasi dengan bantuan zat pengoksidasi, Nilai hasil pengukuran COD menentukan jumlah bahan organik yang ditemukan dalam air (Sara dkk., 2018).

2.4.1.3 Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan padatan yang tidak terlarut sehingga menyebabkan terjadinya kekeruhan air. Berdasarkan sifat fisik kualitas air didasarkan pada jumlah kandungan TSS pada dasarnya partikel-partikel yang terdapat di dalam air akan menyebabkan air menjadi keruh sehingga perlunya penanganan dalam menangani kekeruhan air yang terjadi (Sarwono dkk, 2017) .

2.4.1.4 Power Of Hydrogen (pH)

pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14 . Istilah pH berasal dari “P” lambang matematika dari negative logaritma, dan “H” lambing kimia untuk unsur hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negative logaritma dari aktivitas ion Hidrogen (Pratama dan Tjahjanto, 2021).

2.5 Metode Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan partikel padat dari cairan dengan melewati cairan tersebut melalui media filter. Media filter dapat berupa pasir silika, karbon aktif, keramik ring, atau bahan lainnya yang memiliki pori-pori kecil untuk menangkap partikel padat dan polutan terlarut. Proses ini efektif untuk mengurangi TSS, kekeruhan, dan senyawa organik dalam lindi (Djaury dan Hatur Fitri 2014). Pengolahan lindi dengan metode filtrasi dimulai dengan tahap pre-treatment untuk menghilangkan padatan tersuspensi kasar menggunakan saringan kasar. Lindi kemudian dialirkan melalui sistem filtrasi yang terdiri dari beberapa lapisan media filter. Lapisan pertama umumnya menggunakan kerikil atau pecahan batu dengan ukuran 2-3 cm untuk menyaring material kasar. Lapisan kedua menggunakan pasir silika dengan ukuran 0,5-1 mm yang berfungsi menyaring partikel yang lebih halus. Lapisan ketiga terdiri dari karbon aktif yang berperan dalam proses adsorpsi untuk menghilangkan warna, bau, dan kontaminan terlarut. Proses filtrasi dilakukan dengan sistem gravitasi dimana lindi mengalir dari atas ke bawah melewati media filter dengan kecepatan aliran yang diatur untuk memastikan

waktu kontak yang optimal antara lindi dengan media filter. Efisiensi filtrasi dipantau melalui parameter seperti TSS, kekeruhan, warna, dan COD pada influent dan effluent. Backwashing dilakukan secara berkala untuk membersihkan media filter dari akumulasi kontaminan (Widyasari,dkk. 2020).

2.5.1 Kelebihan Metode Filtrasi

Adapun menurut Permadi dan Widodo (2021) Metode filtrasi dalam pengolahan lindi memiliki beberapa kelebihan yang signifikan dan lebih baik bila diterapkan dengan cara yang baik dan tepat.

1. Sistem filtrasi menawarkan efisiensi operasional yang tinggi karena dapat beroperasi secara kontinyu dengan kebutuhan energi yang relatif rendah dibandingkan metode pengolahan lain.
2. Proses ini mampu menghilangkan berbagai jenis kontaminan secara simultan, mulai dari padatan tersuspensi hingga polutan terlarut, tergantung pada jenis media filter yang digunakan.
3. Biaya operasional yang relatif ekonomis menjadi salah satu keunggulan utama karena tidak memerlukan bahan kimia tambahan dalam prosesnya.
4. Sistem filtrasi juga mudah dalam hal operasional dan pemeliharaan, dimana pembersihan media filter dapat dilakukan melalui backwashing sederhana.
5. Fleksibilitas dalam pemilihan media filter memungkinkan optimasi sistem sesuai dengan karakteristik lindi yang akan diolah.
6. Selain itu, metode ini ramah lingkungan karena tidak menghasilkan produk samping berbahaya dan dapat menghasilkan limbah cair dengan kualitas yang konsisten.

2.5.2 Kekurangan Metode Filtrasi

Adapun menurut Kurniawan dan Yustiani (2020) beberapa kekurangan dari metode filtrasi adalah :

1. Penyumbatan (*clogging*): Metode filtrasi cenderung mengalami penyumbatan yang cepat akibat tingginya kandungan padatan tersuspensi dan koloid dalam lindi, yang mengharuskan penggantian media filter secara berkala dan meningkatkan biaya operasional.

2. Penurunan efisiensi: Efisiensi filtrasi sering menurun seiring waktu penggunaan, terutama untuk parameter pencemar terlarut seperti amoniak dan logam berat, yang tidak dapat dihilangkan secara efektif hanya dengan filtrasi fisik.
3. Kombinasi dengan metode lain: Metode ini memerlukan kombinasi dengan metode pengolahan lain (pre-treatment atau post-treatment) karena tidak mampu mengatasi semua jenis pencemar dalam lindi, khususnya senyawa organik terlarut dengan berat molekul rendah.
4. Masalah pengelolaan residu: Pengelolaan residu hasil filtrasi menimbulkan masalah lingkungan tersendiri karena konsentrat yang dihasilkan mengandung pencemar dengan konsentrasi tinggi.
5. Kebutuhan energi dan perawatan: Sistem filtrasi bertekanan, seperti membran ultrafiltrasi atau reverse osmosis, yang sering digunakan untuk lindi dengan karakteristik pencemar yang kompleks, memerlukan kebutuhan energi dan perawatan yang intensif.

2.6 Pasir Zeolit

Pasir zeolit adalah media paling awal yang digunakan dalam media filtrasi dimana pasir zeolit ini terletak dibagian paling atas pada sistem media filtrasi Pasir zeolit juga merupakan mineral aluminosilikat yang memiliki struktur kristal tiga dimensi dengan kemampuan adsorpsi dan pertukaran ion yang tinggi. Zeolit memiliki struktur berpori yang teratur dengan ukuran molekuler, membuatnya sangat efektif sebagai media filter dan adsorben. Material ini memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi, memungkinkannya untuk mengikat berbagai kontaminan seperti logam berat, amonia, dan senyawa organik terlarut. adapun untuk ukuran zeolit yang digunakan adalah 5-10 mm Zeolit juga memiliki ketahanan mekanik dan kimia yang baik, sehingga dapat digunakan dalam waktu lama dengan perawatan minimal. Dalam aplikasi pengolahan air, zeolit sering digunakan sebagai media filter untuk menghilangkan kekeruhan, menurunkan kesadahan air, dan mengurangi konsentrasi logam berat. Efektivitas zeolit dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi baik secara fisika maupun kimia, yang bertujuan untuk membuka pori-pori dan meningkatkan luas permukaan aktifnya. (Pratiwi dan Sutrisno, 2020).



Gambar 2.7 pasir zeolit

2.7 Media Arang Aktif

Arang aktif atau karbon aktif merupakan material karbon yang telah diproses untuk memiliki struktur pori mikro yang sangat berkembang, dan memiliki ukuran berdiameter 3-5 mm. Media dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang mengandung karbon seperti tempurung kelapa, kayu, batubara atau bambu melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Namun dalam penelitian ini peneliti menggunakan arang aktif yang berasal dari kelapa sawit. Dalam pengolahan air, arang aktif bekerja melalui mekanisme adsorpsi dimana kontaminan terlarut tertarik dan terikat pada permukaan pori-porinya. Kemampuan adsorpsi yang tinggi membuat arang aktif efektif dalam menghilangkan berbagai polutan termasuk senyawa organik, bau, warna, sisa klor, dan beberapa jenis logam berat. Efektivitas arang aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran pori, luas permukaan spesifik, sifat kimia permukaan, dan kondisi operasional seperti pH, suhu, dan waktu kontak. Material ini dapat digunakan dalam bentuk bubuk (PAC) atau butiran (GAC) tergantung pada aplikasi yang diinginkan, dengan masa pakai yang bervariasi tergantung pada beban kontaminan dan kondisi operasional. (Wijaya dan Santoso, 2020).



Gambar 2.8 *Gambar Arang Aktif*

2.8 Media Ijuk

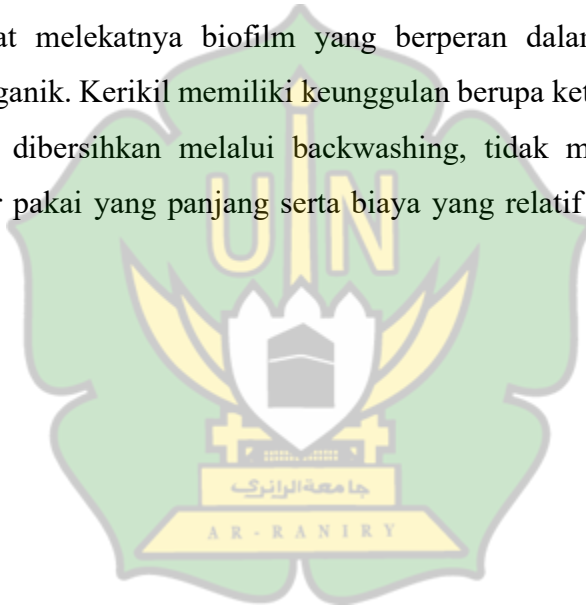
Ijuk merupakan serat alami yang berasal dari pohon aren (*Arenga pinnata*) yang telah lama dimanfaatkan sebagai media filtrasi tradisional dalam pengolahan air. Serat ijuk memiliki struktur yang unik dengan permukaan kasar dan berongga, memungkinkannya untuk menahan partikel tersuspensi melalui mekanisme penyaringan fisik. Karakteristik ijuk yang tahan terhadap pembusukan dan memiliki ketahanan mekanik yang baik membuatnya cocok sebagai media filter yang tahan lama. Dalam sistem filtrasi, ijuk biasanya diletakkan sebagai salah satu lapisan media filter yang berfungsi untuk menyaring partikel tersuspensi dan mengurangi kekeruhan air. Efektivitas ijuk dalam filtrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kerapatan penataan, ketebalan lapisan, dan kecepatan aliran air. Selain sebagai media filter fisik, permukaan ijuk yang kasar juga dapat menjadi tempat melekatnya biofilm yang membantu proses degradasi biologis kontaminan organik. Keunggulan lain dari ijuk adalah sifatnya yang ramah lingkungan, mudah didapat, dan memiliki biaya yang relatif ekonomis. (Rahmawati dan Suharto,2020).



Gambar 2.9 *gambar media ijuk*

2.9 Media Pasir Silika

Pasir silika merupakan media filter yang umum digunakan dalam sistem pengolahan air sebagai lapisan penyaring kasar. Material ini terdiri dari batuan pecah atau kerikil alami dengan ukuran yang bervariasi, umumnya berkisar antara 2-7 cm tergantung pada kebutuhan filtrasi. Dalam sistem filtrasi berlapis, kerikil biasanya ditempatkan pada lapisan paling bawah atau paling atas sebagai media penyaring awal. Fungsi utama kerikil adalah untuk menyaring padatan tersuspensi berukuran besar dan mencegah tersumbatnya media filter yang lebih halus di lapisan berikutnya. Struktur kerikil yang kasar dengan rongga-rongga besar antar butiran memungkinkan air mengalir dengan hambatan minimal sambil tetap menahan material padat berukuran besar. Selain itu, permukaan kerikil juga dapat menjadi tempat melekatnya biofilm yang berperan dalam degradasi biologis kontaminan organik. Kerikil memiliki keunggulan berupa ketahanan mekanik yang tinggi, mudah dibersihkan melalui backwashing, tidak mudah tersumbat, dan memiliki umur pakai yang panjang serta biaya yang relatif murah. (Sutrisno dan Hidayat,2021.)



2.10 Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2 menyajikan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa metode filtrasi sederhana mampu menurunkan parameter yang terkandung pada air lindi.

No	Penulis	Judul	Hasil
1	Larasati	Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel Di Tpa Tlekung, Batu	Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan analisa data berupa deskriptif kuantitatif. Pada penelitian digunakan perlakuan penggunaan media adsorben yang berbeda, yaitu karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Media adsorben ditempatkan pada akuarium berukuran 30x30x30 cm, ketinggian adsorben pada masing-masing akuarium 10cm dari dasar akuarium, dan adsorben tersebut terendam dalam air lindi dengan ketinggian 12 cm dari dasar akuarium selama 120 menit dengan suhu kamar. Hasil dari penelitian menunjukkan efektifitas penurunan paling besar untuk logam Fe adalah 62.728% dengan media zeolit, dan untuk logam Cr sebesar 42.028% dengan media zeolit.
2	Mega Gemala, Nurul Ulfah	Efektifitas Metode Kombinasi Pasir Zeolit dan Arang Aktif dalam Pengolahan Air Lindi di Tempat	Efektifitas tertinggi dalam menurunkan TSS pada metode ini adalah ketebalan 10cm sebesar 11,76%. Efektifitas tertinggi dalam menurunkan kadar pH, COD, BOD dan N total adalah ketebalan 20cm sebesar 19,6%, 22,6%, 35,5% dan

		Pembuangan Akhir (TPA)	33,33%. Untuk Hg dan Cd, proses filtrasi untuk setiap ketebalan tidak efektif dalam menurunkan kadar logam berat tersebut.
3	Zaky Zulhadi, Baiq Fadila Arlina	Sistem Filtrasi Pengolahan Limbah Cair Tpa Dalam Upaya Pengelolaan Air Tanah Yang Berkelanjutan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa filtrasi dengan zeolit menghasilkan penurunan TDS sebesar 50,27% dan EC sebesar 53,51%. Sementara itu, fitoremediasi dengan Apu-apu menunjukkan penurunan TDS sebesar 32,55% dan EC sebesar 35,10%, yang lebih efektif dibandingkan dengan Eceng Gondok. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi filtrasi dengan zeolit dan fitoremediasi menggunakan Apu-apu dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengurangi dampak pencemaran air lindi dan meningkatkan kualitas air di sekitar TPA.
4	Atika Ruhayyah	Kemampuan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate Teraktivasi HCl Dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Fe dan COD Pada Limbah Lindi TPA Gampong Jawa	Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dan variasi dosis terbaik dalam menurunkan polutan pada lindi. Hasil analisa karakteristik karbon aktif sampah plastik PET yakni kadar air 2,2%, kadar abu 2,6%, kadar zat menguap 62,2% dan kadar karbon terikat 33%. Nilai kadar air dan kadar abu sudah memenuhi SNI 06-3730-1995, namun untuk kadar zat menguap dan kadar karbon terikat belum

			memenuhi SNI 06-3730-1995. Dosis terbaik dalam menurunkan kadar logam berat Fe dan COD yakni pada dosis 15 gram dengan nilai akhir Fe Sebesar 0,106 mg/L dengan efisiensi 96,4% dan COD sebesar 3404 mg/L dengan efisiensi 36,7%. Penurunan kadar logam Fe disetiap variasi dosis sudah memenuhi Standar Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017
5	Muflihul Barir*) , Sudiro, Candra Dwiratna Wulandari	Potensi Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dan Papyrus (Cyperus Papyrus) Dalam Menurunkan Kadar Polutan Cod Dan Tss Pada Outlet Instalasi Pengolahan Lindi Tpa Klotok Kota Kediri Menggunakan Metode Constructed Wetland	Hasil penelitian menunjukkan kadar air lindi IPL TPA Klotok Kota Kediri setelah dilakukan pengolahan constructed wetland dengan menggunakan tanaman cattail (Typha angustifolia) dan tanaman papyrus (Cyperus papyrus) belum sesuai dengan standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7 Tahun 2016. Waktu paling efektif dalam penurunan kadar pencemar adalah hari ke-3 dengan persentase removal COD sebesar 81,67% pada reaktor campuran tanaman cattail-papyrus dan TSS sebesar 78,13% pada reaktor tanaman papyrus (Cyperus papyrus).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

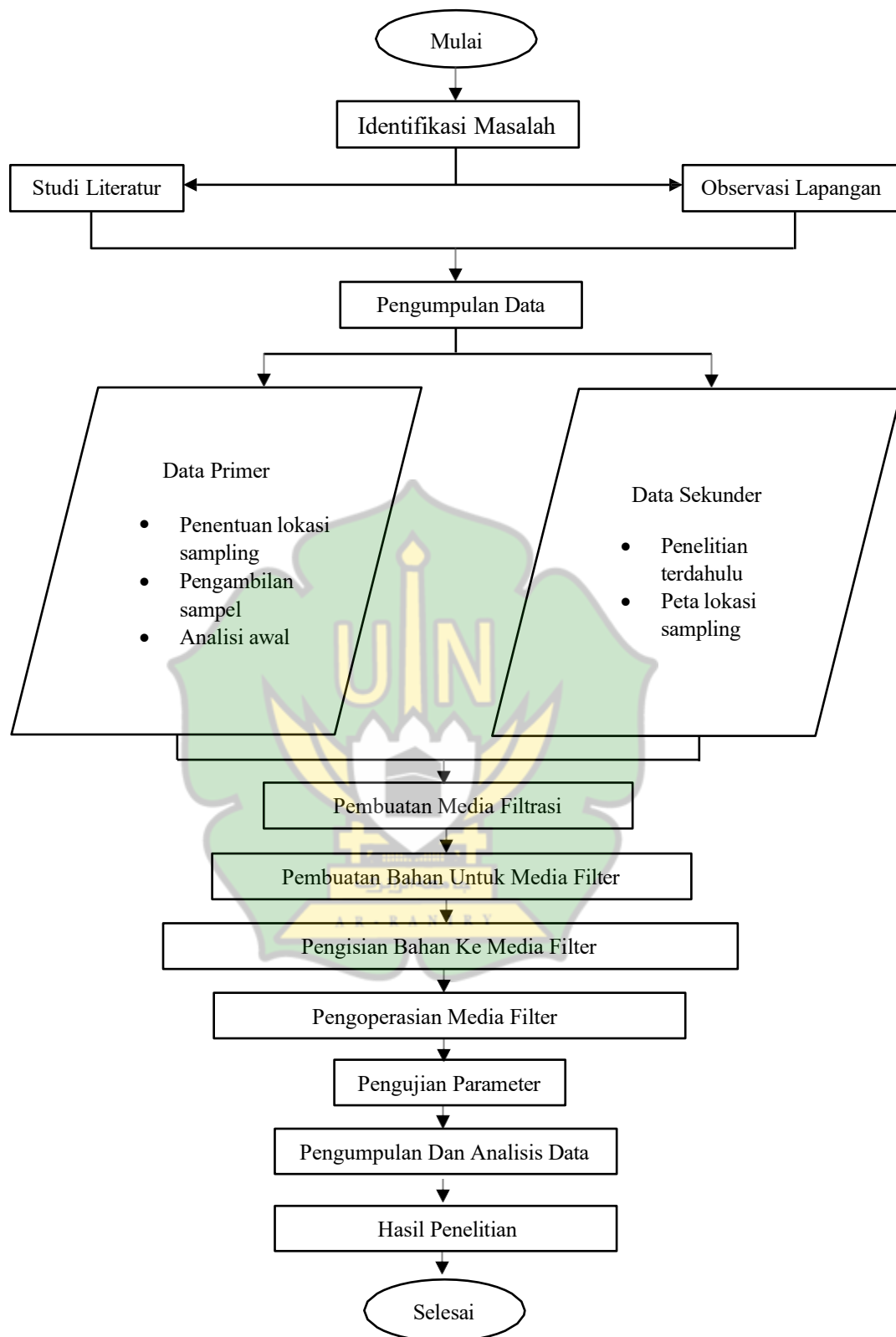
3.1 Tahapan Umum Penelitian

Adapun penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah. Tahap identifikasi masalah merupakan langkah pertama mengenali masalah terkait lindi berdasarkan informasi yang diperoleh di lapangan.
2. Studi literatur, dengan dilakukannya studi dalam mengetahui informasi pengumpulan data terkait dengan penelitian baik dari jurnal, buku maupun skripsi.
3. Observasi lapangan, adalah tahapan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan dari TPA Regional Blang-Bintang, sehingga bisa ditentukan alternatif pengolahan lindi yang sesuai dan inovatif serta lebih efisien.
4. pengumpulan data. Tahap mengumpulkan data menggunakan metode data primer dan data sekunder.
5. Tahapan persiapan, pada tahap ini dilakukan penyiapan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian dengan tujuan agar waktu dan pekerjaan yang dilakukan bisa lebih efektif.
6. Persiapan pengambilan sampel yang dilakukan di TPA Blang Bintang yang bertujuan untuk melakukan analisa awal mengenai pengujian nilai BOD, COD, TSS serta pH yang terdapat dalam lindi tersebut.
7. Perencanaan Filter yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif, pasir zeolit, ijuk dan kerikil.
8. Pembuatan media filtrasi akan dirancang menjadi 3 kombinasi rancangan berdasarkan ketebalan yaitu ketebalan 10cm, 15cm dan 20cm
9. Perancangan filter ini yang dibuat menggunakan alat sederhana yaitu galon dengan ukuran $\pm 10L$. Hasil filtrasi air lindi pada setiap kombinasi diuji dengan parameter yang sama dengan pengujian awal untuk kemudian dihitung efektifitasnya.

10. Tahapan pengujian sampel , tahapan ini dilakukan untuk mengetahui nilai parameter setelah dilakukan percobaan dengan metode Filtrasi, yang bertujuan untuk mengetahui efektifitas metode Filtrasi dalam penurunan parameter lindi.
11. Tahapan analisis data dan hasil. Tahapan analisis data dan hasil dilakukan apabila keseluruhan tahapan analisis sampel telah selesai terutama menjadi informasi yang nantinya bisa dipergunakan dalam mengambil kesimpulan.
12. Tahapan penarikan kesimpulan merupakan tahapan dalam menjawab pertanyaan yang muncul pada rumusan masalah dalam penelitian ini yang dijelaskan berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan.



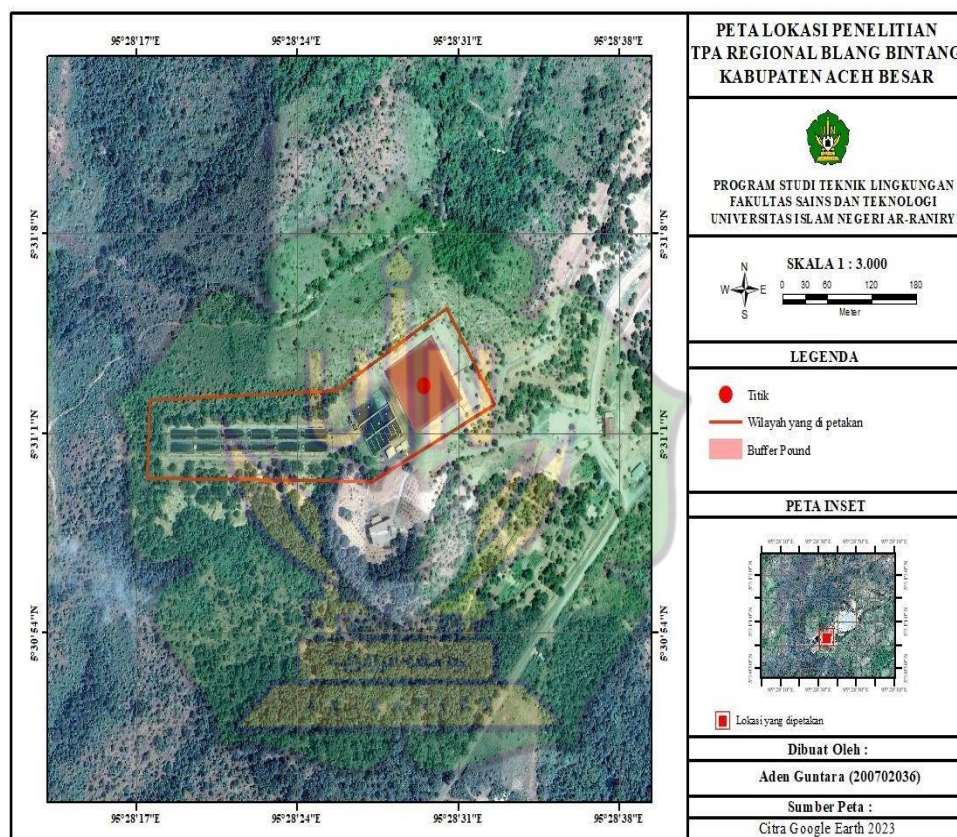


Gambar 3.1 Tahapan penelitian

3.2 Pengambilan Sampel

3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan Sampel Air Lindi Berlokasi Di *Leachate Treatment Plant* (LTP) atau Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) TPA Regional Blang Bintang tepatnya pada kolam outlet . Peta Lokasi Dapat Dilihat Pada Gambar 3.1. Lokasi Pemeriksaan Parameter Air Lindi Dilakukan Di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan teknik *grab sampling* atau sesaat, sampel diambil pada kolam *akhir sedimentasi*. Merujuk pada SNI 6989.59:2008 dengan tahapan pengambilan sampel sebagai berikut:

1. Sampel lindi diambil langsung dari LTP TPA Regional Blang Bintang yaitu pada kolam penampung, di Desa Perumping, Kecamatan Montasik Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh

2. Sampel diambil pada jam 10:00 WIB menggunakan gayung bertali dan dimasukkan kedalam wadah atau dengan ukuran 10 Liter.
 - a. Tidak terbuat dari bahan yang mempengaruhi sifat.
 - b. Dapat dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah.
 - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa.
 - d. Mudah dipisahkan kedalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya.
 - e. Kapasitas tergantung dari tujuan dan penggunaan dalam penelitian penelitian.



Gambar 3.3 Tempat Pengambilan Sampel

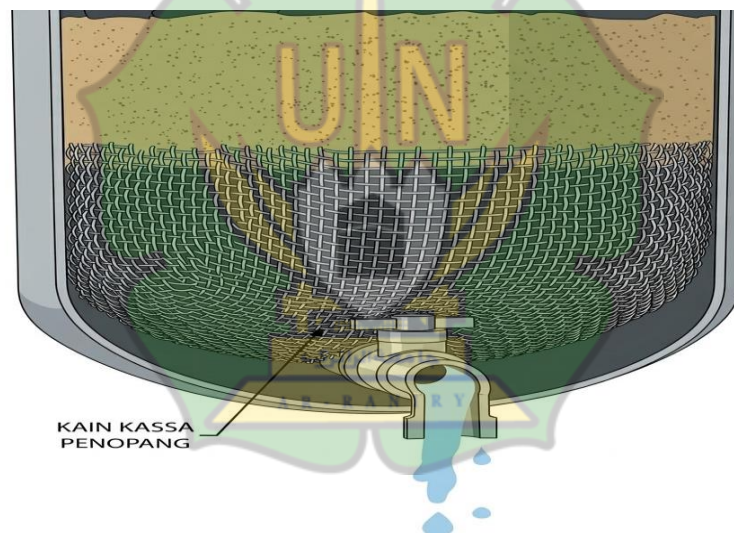
3.3 Eksperimen

3.3.1 Desain Media Filtrasi

Filter yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif, pasir zeolit, ijuk dan kerikil. Lapisan ini akan dirancang menjadi 3 kombinasi rancangan berdasarkan ketebalan yaitu ketebalan 10 cm, 15 cm dan 20 cm yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 Berdasarkan rancangan Gambar 3.3. fungsi dari masing-masing lapisan adalah kerikil untuk penyaring kotoran-kotoran kasar, ijuk sebagai penyaring kotoran yang ukurannya besar dan kecil, arang aktif sebagai bahan penyerap dan pembersih dan pasir zeolit sebagai filter dan katalis (Gemala dan Oktarizal 2019) Rancangan filter ini dibuat menggunakan alat sederhana yaitu pipa pvc dengan ukuran dengan ukuran diameter 4 inci dan tinggi 60 cm .



Gambar 3.4 Rancangan proses filtrasi air lindi



Gambar 3.5 Tambahan Kain kasa pada bagian bawah media

Adapun tambahan media kain kasa pada media filtrasi ini adalah untuk menyaring kembali sisa-sisa polutan yang ada pada media sehingga hasil limbah yang keluar dari media lebih maksimal dan juga kain kasa disini juga memberikan peran penting.

3.3.2 Alat Dan Bahan Eksperimen

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, ditunjukkan pada tabel 3.1 sebagai berikut:

No	Alat Dan Bahan	Gambar	Jumlah	Keterangan
1	Air lindi		15 liter	Sampel yang akan diteliti
2	Pipa pvc ukuran 2 inci		1 buah	Sebagai media utama dalam metode filtrasi
3	Ijuk			Sebagai salah satu bahan yang digunakan dalam proses filtrasi
4	Arang aktif			Sebagai salah satu bahan yang digunakan dalam proses filtrasi
5	Kerikil			Sebagai salah satu bahan yang digunakan

				dalam proses filtrasi
6	Pasir zeolit			Sebagai bahan yang digunakan dalam proses filtrasi
7	Jerigen		1 buah	Menampung sampel limbah
8	Gayung		1 buah	Mengambil sampel limbah
9	Kertas saring whatman		3lembar	Pengujian TSS
10	Aquades		2 liter	Untuk membersihkan alat-alat laboratorium
11	keran		1	Untuk Media mengeluarkan hasil dari metode filtrasi

3.3.3 Cara Kerja Media Filtrasi Sederhana

berikut adalah cara kerja media filtrasi sederhana berdasarkan perancangan yang akan dilakukan:

1. Disiapkan Wadah Filtrasi yang sesuai dengan ukuran dan kebutuhan pada saat melakukan metode filtrasi sederhana.
2. Diletakkan kerikil di lapisan paling bawah wadah dengan ketebalan 10cm.
3. Ditempatkan pasir zeolit di atas lapisan kerikil dengan ketebalan 15cm.
4. Diletakkan ijuk di atas lapisan pasir zeolit dengan ketebalan 15cm.
5. Ditempatkan arang aktif di lapisan paling atas dengan ketebalan 20cm.
6. Dialirkan Air: Alirkan air yang akan difilter dari atas ke bawah melalui lapisan-lapisan media.

3.4 Variasi Penelitian

Air lindi yang dihasilkan dari TPA memiliki kandungan zat organik dan anorganik yang tinggi, sehingga berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Penelitian ini akan membandingkan efektivitas masing-masing media filtrasi dalam menurunkan parameter seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan PH kekeruhan. Variasi penelitian dapat dilakukan dengan memodifikasi beberapa faktor, seperti ketebalan lapisan media filtrasi, kombinasi media filtrasi, ukuran partikel media filtrasi, dan waktu kontak antara air lindi dengan media filtrasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode filtrasi sederhana yang paling efektif dan efisien dalam menurunkan kadar parameter pencemar di TPA, sehingga dapat diaplikasikan sebagai solusi pengolahan air lindi yang murah dan mudah diterapkan. Implementasi teknologi filtrasi ini dapat menjadi solusi pengolahan air lindi yang murah dan mudah diterapkan, sehingga dapat mengurangi dampak negatif pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh air lindi TPA. Dengan demikian, kualitas lingkungan dapat terjaga dan kesehatan masyarakat dapat terlindungi dari dampak buruk pencemaran air lindi yang tidak terolah dengan baik.

Tabel 3.2 variasi penelitian

Bahan filtrasi		Variasi Penelitian	
		Ketebalan media (cm)	
	A	A1	A2
Arang aktif	15	15	20
Pasir	15	20	15
Ijuk	15	15	15
Kerikil	10	10	10

3.4 Pengukuran Parameter Lindi

Adapun pengukuran parameter yang digunakan dalam penelitian ini, Pengukuran parameter lindi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas air lindi sebelum dan sesudah proses filtrasi. Parameter yang diukur meliputi *Biological Oxygen Demand* (BOD) menggunakan metode Winkler, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan metode refluks tertutup, *Total Suspended Solid* (TSS) ditunjukkan pada tabel 3.2 Sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Pengukuran parameter air lindi

No	Parameter	Metode Uji	Acuan
1	BOD	Gravimetri	SNI 6989.72:2009
2	COD	Bichromat	SNI 6989.2:2019
3	TSS	Gravimetri	SNI 6989.3:2009
4	pH	pH meter	SNI 6989.11:2009

3.5. Analisis Data

Data Primer: Data yang dikumpulkan langsung dari hasil eksperimen filtrasi air lindi menggunakan berbagai media (arang aktif, pasir zeolit, ijuk, dan kerikil) dan variasi (ketebalan lapisan, kombinasi media, ukuran partikel, waktu kontak). Data primer meliputi nilai BOD, COD, TSS sebelum dan sesudah proses filtrasi.

Data Sekunder: Data pendukung yang diperoleh dari literatur, jurnal ilmiah, atau laporan terkait karakteristik air lindi di TPA yang menjadi lokasi penelitian, serta informasi mengenai karakteristik media filtrasi yang digunakan. Efektifitas

dari setiap kombinasi filtrasi dinyatakan dengan dalam persentase yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$E = \frac{T_o - T_i}{T_o} 100\%$$

Keterangan:

E = Efektifitas penyaringan

To= Konsentrasi sebelum penyaringan

Ti = Konsentrasi setelah penyaringan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kemampuan Metode Filtrasi Dalam Menurunkan Parameter Lindi TPA

Berdasarkan hasil uji kualitas awal lindi pada *kolam outlet* akhir diketahui bahwa lindi pada LTP TPA Regional Blang Bintang belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 59 Tahun 2016 sehingga belum layak di alirkan ke lingkungan, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.1, dengan demikian lindi membutuhkan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan atau badan air.

Tabel 4.1 hasil analisis awal parameter pH,BOD,COD dan TSS

Parameter	Baku Mutu Lindi		Hasil Uji Pendahuluan	Keterangan
	Nilai	Satuan	Lindi awal Nilai	
pH	6-9	-	9,3	Belum memenuhi
BOD	150	mg/l	422	Belum memenuhi
COD	300	mg/l	749	Belum memenuhi
TSS	100	mg/l	521	Belum memenuhi

*Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik
Indonesia Nomor 59 Tahun 2016*

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai beberapa parameter pada sampel awal lindi yang digunakan belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, tingginya nilai pH, TSS,BOD dan COD pada lindi tersebut dikarenakan belum maksimalnya proses pengolahan. Kadar pH yang tinggi pada lindi menandakan bahwa lindi tersebut basa, karena melebihi angka bakumutu 9, nilai parameter TSS yang tinggi menunjukkan bahwa tingginya jumlah padatan terlarut sehingga meningkatkan kekeruhan, dan tingginya nilai parameter COD menandakan bahwa banyaknya kandungan zat organik pada lindi.

Tingginya nilai BOD, COD dan TSS menunjukkan tingginya kandungan pencemar yang berbahaya bagi lingkungan, sebagaimana dikonfirmasi dalam analisis kualitas air limbah yang menunjukkan bahwa pengolahan air limbah yang

belum optimal menghasilkan nilai BOD, COD dan TSS yang tinggi (Agustin dan Rudijanto 2023).parameter ini merupakan indikator kunci untuk menilai tingkat pencemaran organik dalam lindi, dimana nilai yang melebihi baku mutu mengindikasikan perlunya pengolahan lanjutan sebelum lindi tersebut dibuang ke lingkungan untuk mencegah dampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan masyarakat.

Filtrasi adalah proses pemisahan partikel padat dari cairan dengan melewati cairan tersebut melalui media filter. Media filter dapat berupa pasir silika, karbon aktif, keramik ring, atau bahan lainnya yang memiliki pori-pori kecil untuk menangkap partikel padat dan polutan terlarut. Proses ini efektif untuk mengurangi TSS, kekeruhan, dan senyawa organik dalam lindi (Djaury dan Hatur Fitri 2014).

Pada umumnya proses filtrasi dalam pengolahan air lindi merupakan tahapan akhir yang krusial setelah proses elektrokoagulasi dan sedimentasi untuk menurunkan konsentrasi polutan berbahaya yang terkandung dalam lindi TPA (Andesgur dan Julianto, 2019). Filtrasi juga berfungsi sebagai proses pemisahan fisik yang menahan partikel-partikel tersuspensi dan terlarut yang masih tersisa setelah proses pengolahan sebelumnya. Pemurnian dengan menggunakan alat filtrasi dilakukan setelah kandungan organik dalam cairan turun drastis melalui pengolahan dengan lumpur aktif, sehingga air keluaran yang dihasilkan dapat langsung dibuang ke lingkungan karena tidak berbahaya bagi lingkungan(Prayudi 2018).

Tabel 4.2 hasil analisis parameter setelah melalui proses filtrasi

Parameter	Baku Mutu Lindi	Nilai Sebelum Filtrasi	Keterangan Sebelum	Nilai Setelah Filtrasi	Keterangan Sesudah	% Penurunan
pH	6-9	9.3	Belum memenuhi	8.3	Memenuhi	-
BOD	<150 (mg/l)	422 (mg/l)	Belum memenuhi	122 (mg/l)	Memenuhi	71.09%
COD	<300 (mg/l)	749 (mg/l)	Belum memenuhi	280 (mg/l)	Memenuhi	62.62%
TSS	<100 (mg/l)	521 (mg/l)	Belum memenuhi	91 (mg/l)	Memenuhi	82.53%

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa perbandingan hasil analisis lindi sebelum dan sesudah proses filtrasi menunjukkan adanya penurunan yang signifikan pada semua parameter yang diuji. Parameter BOD mengalami penurunan terbesar, yaitu sekitar 71.09%, dari nilai awal 422 mg/l menjadi 122 mg/l setelah proses filtrasi. Selain itu, TSS juga menunjukkan penurunan yang mencolok sebesar 82.58%, dari 521 mg/l menjadi 91 mg/l. Meskipun pH dan COD juga mengalami penurunan, nilai-nilai tersebut masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan menteri lingkungan hidup, yang menunjukkan bahwa proses filtrasi belum sepenuhnya efektif dalam memenuhi standar yang diharapkan.

Hasil efisiensi penurunan parameter BOD sebesar 71,09%, COD sebesar 62,62%, dan TSS sebesar 82,53% setelah proses filtrasi sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian menggunakan reaktor biosand filter menunjukkan efisiensi penyisihan konsentrasi BOD sebesar 75%-87% dan efisiensi penyisihan konsentrasi COD sebesar 65%-70%, yang mendemonstrasikan bahwa teknologi filtrasi cukup efektif dalam menyisihkan parameter organik tersebut (Anita 2018).. Penelitian kombinasi pasir zeolit dan arang aktif dalam pengolahan air lindi TPA juga menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam mereduksi parameter fisika dan kimia pada air lindi termasuk BOD, COD, TSS dan

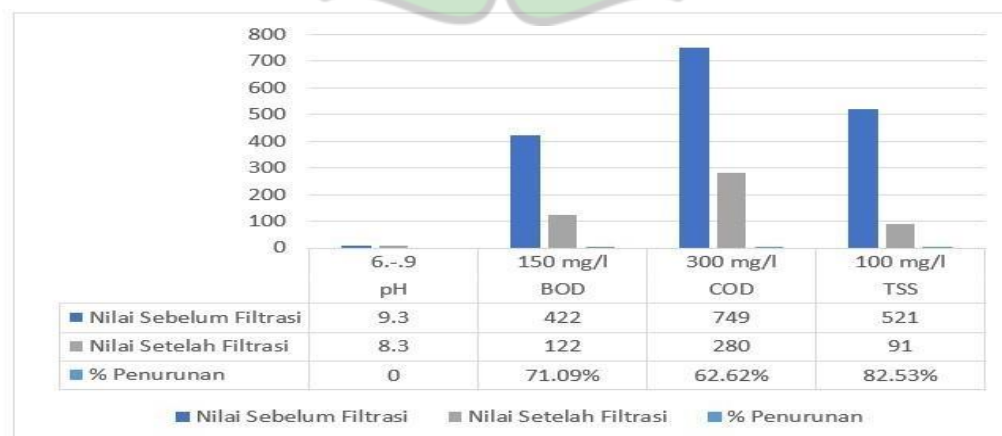
pH.

Keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa proses filtrasi merupakan teknologi yang efektif untuk menurunkan parameter polutan lindi hingga memenuhi baku mutu lingkungan yang dipersyaratkan, dengan tingkat efisiensi yang konsisten terhadap parameter organik dan fisika-kimia air lindi.

4.2 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter Lindi

Efektifitas metode kombinasi pasir zeolit dan arang aktif dalam pengolahan air lindi menunjukkan hasil yang cukup baik dalam menurunkan parameter fisika dan kimia air lindi dengan tingkat efektifitas yang bervariasi tergantung ketebalan media filter yang digunakan. Metode filtrasi menggunakan kombinasi pasir zeolit dan arang aktif terbukti efektif dalam menurunkan parameter fisika dan kimia pada air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Keberhasilan metode filtrasi dalam pengolahan air lindi sangat bergantung pada jenis media filter yang digunakan dan kombinasi dengan teknologi pengolahan lainnya. Tingkat efektifitas filtrasi juga dipengaruhi oleh karakteristik air lindi, waktu tinggal, dan kondisi operasional sistem, sehingga diperlukan optimasi parameter untuk mencapai hasil pengolahan yang sesuai dengan baku mutu lingkungan. Berikut ini akan ditampilkan grafik batang dari proses penurunan parameter pada air lindi yang dimana sebelumnya belum memenuhi ambang bakumutu, sehingga perlu penanganan lebih lanjut.



Gambar 4.1 grafik batang parameter yang diuji coba pada air lindi kolam *outlet* akhir

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas menunjukkan perbandingan parameter leachate sebelum dan setelah proses filtrasi. Terdapat empat parameter yang dianalisis, yaitu pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solids*). Parameter awal ditandai dengan warna merah, sedangkan hasil setelah filtrasi ditandai dengan warna biru.

Selain itu terdapat juga proses adsorpsi yang dimana adalah proses penempelan molekul-molekul zat terlarut (adsorbat), yaitu polutan dalam lindi pada permukaan zat padat (adsorben), Arang aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar dan banyak mikropori sebagai tempat penyerapan, yang membuatnya unggul sebagai media filter. Dalam proses filtrasi, air lindi dialirkan melewati kolom atau lapisan arang aktif, memungkinkan kontak antara polutan dan permukaan arang aktif. Tahapan utama adsorpsi meliputi transfer molekul adsorbat menuju lapisan film di sekitar adsorben, difusi melalui lapisan film, difusi melalui pori-pori dalam adsorben, dan akhirnya adsorpsi pada permukaan adsorben. dan juga Waktu kontak antara lindi dan arang aktif juga menjadi faktor penentu efektivitas, di mana waktu kontak yang lebih lama seringkali meningkatkan kapasitas adsorpsi dan menurunkan kadar pencemar hingga mencapai baku mutu.

Dari data tersebut, terlihat bahwa nilai pH mengalami penurunan setelah filtrasi, menunjukkan peningkatan kualitas air. BOD dan COD juga mengalami penurunan yang signifikan, menandakan bahwa proses filtrasi berhasil mengurangi kandungan bahan organik dan bahan pencemar di dalam lindi. Sementara itu, nilai TSS yang awalnya tinggi juga menunjukkan penurunan setelah filtrasi, yang dimana berarti bahwa jumlah partikel terlarut di dalam air berkurang. Dapat diartikan bahwa secara keseluruhan, dari data ini menunjukkan bahwa efektivitas proses filtrasi dalam meningkatkan kualitas leachate sesuai dengan standar regulasi yang mungkin ditetapkan, yang dapat diidentifikasi khususnya pada parameter pH dan TSS.

4.2.1 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter COD

Efektivitas metode filtrasi dalam penurunan parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dapat dilihat dari perbandingan nilai COD sebelum dan sesudah proses filtrasi. Berdasarkan tabel, nilai COD awal tercatat sebesar 749 mg/l, yang jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 300 mg/l. Setelah melalui proses

filtrasi, nilai COD mengalami penurunan signifikan menjadi 280 mg/l. Penurunan ini menunjukkan bahwa metode filtrasi berhasil mengurangi kandungan bahan organik yang terlarut dalam lindi, yang merupakan indikator penting dari tingkat pencemaran. arang aktif bekerja dengan cara menyerap zat-zat organik yang menyebabkan tingginya nilai COD dan BOD. Ia juga membantu menghilangkan bau, warna, dan rasa yang tidak diinginkan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini sejalan dengan berbagai studi yang menunjukkan efektivitas tinggi teknologi filtrasi untuk pengolahan lindi. Teknik filtrasi, seperti filtrasi karbon aktif, dapat mencapai efisiensi removal 85%-95% untuk COD dan 80%-90% dalam pengolahan lindi landfill. Mekanisme kerja filtrasi dalam menurunkan COD terutama berkaitan dengan kemampuan media filter untuk menjerap senyawa organik kompleks yang sulit terdegradasi secara biologis. Proses adsorpsi dan filtrasi fisik yang terjadi mampu menghilangkan molekul-molekul organik berukuran besar maupun kecil yang berkontribusi terhadap nilai COD tinggi. Dengan demikian, implementasi teknologi filtrasi dalam sistem pengolahan lindi terbukti dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perbaikan kualitas air dan perlindungan lingkungan. (Dutta.dkk 2021)

4.2.2 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter TSS

Efektivitas metode filtrasi dalam penurunan parameter Total Suspended Solids (TSS) dapat dilihat dari hasil analisis yang menunjukkan penurunan yang sangat signifikan. Sebelum proses filtrasi, nilai TSS tercatat sebesar 521 mg/l, yang jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 100 mg/l. Setelah melalui proses filtrasi, nilai TSS berhasil diturunkan menjadi 91 mg/l, yang berarti terjadi penurunan sebesar 82.58%. Penurunan yang drastis ini menunjukkan bahwa metode filtrasi sangat efektif dalam mengurangi jumlah padatan tersuspensi dalam lindi.

Keberhasilan metode filtrasi dalam menurunkan TSS ini tidak terlepas dari peran media ijuk yang merupakan media filter yang sangat baik untuk menurunkan TSS. Serat-serat ijuk bertindak sebagai penyaring mekanis yang menjebak partikel-partikel padat seperti lumpur, pasir, dan sisa-sisa organik yang melayang dalam air. TSS yang tinggi dalam lindi dapat menyebabkan pencemaran air dan mengganggu kehidupan akuatik. Dengan penurunan yang signifikan ini, metode filtrasi dapat dianggap sebagai langkah awal yang efektif dalam pengolahan lindi, meskipun

masih diperlukan langkah-langkah pengembangan kedepannya. Sama seperti ijuk, pasir silika juga sangat efektif dalam menurunkan TSS. Butiran-butiran pasir yang halus dan padat berfungsi sebagai penyaring akhir untuk menjebak partikel-partikel padat yang sangat kecil yang lolos dari lapisan ijuk.

Tingginya efisiensi removal TSS yang dicapai dalam penelitian ini konsisten dengan temuan-temuan ilmiah sebelumnya yang menunjukkan keefektifan metode filtrasi untuk pengolahan lindi. Kombinasi arang aktif dan pasir zeolit efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, N total, TSS dan pH air lindi, yang membuktikan bahwa media filter dengan karakteristik adsorpsi dan filtrasi fisik yang baik mampu memberikan hasil optimal. Mekanisme kerja filtrasi dalam menurunkan TSS melibatkan proses pemisahan fisik dimana partikel-partikel tersuspensi tertahan oleh media filter berdasarkan ukuran pori dan karakteristik permukaan media. (syahputra,dkk 2020).



Gambar 4. 2 (a) lindi sebelum melalui proses filtrasi, (b) lindi setelah melalui proses filtrasi

4.2.3 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter BOD

Efektivitas metode filtrasi dalam penurunan parameter BOD (Biochemical Oxygen Demand) dapat dilihat dari hasil analisis yang menunjukkan penurunan yang signifikan setelah proses filtrasi. Sebelum proses filtrasi, nilai BOD lindi tercatat sebesar 422 mg/l, yang jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan sebesar 150 mg/l. Setelah melalui proses filtrasi, nilai BOD berhasil diturunkan menjadi 122 mg/l. Penurunan ini mencapai sekitar 71.06%, yang menunjukkan bahwa metode filtrasi sangat efektif dalam mengurangi beban pencemaran organik yang terkandung dalam lindi.

Penurunan BOD yang signifikan tidak terlepas dari media arang aktif yang digunakan serta bekerja dengan cara menyerap zat-zat organik yang menyebabkan tingginya nilai BOD. Keberhasilan penurunan BOD melalui metode filtrasi ini sejalan dengan berbagai penelitian di Indonesia yang menunjukkan efektivitas teknologi filtrasi untuk pengolahan limbah TPA. Penggunaan media yang optimal dapat menurunkan nilai BOD sebesar 50% dan 56% pada berbagai metode pengolahan limbah, menunjukkan bahwa teknologi filtrasi memiliki potensi yang sangat baik untuk aplikasi di Indonesia. Mekanisme penurunan BOD dalam proses filtrasi terjadi melalui kombinasi filtrasi fisik dan proses biofiltrasi dimana mikroorganisme yang menempel pada media filter membantu mendegradasi senyawa organik. Media filter seperti karbon aktif, pasir, dan zeolit memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi sehingga mampu mengikat senyawa organik kompleks yang berkontribusi terhadap nilai BOD (Rezagama, dkk. 2018).

4.2.4 Efektivitas Metode Filtrasi Dalam Penurunan Parameter PH

Efektivitas metode filtrasi dalam penurunan parameter pH dapat dilihat dari hasil analisis yang menunjukkan penurunan nilai pH dari 9.3 menjadi 8.3 setelah proses filtrasi. Terjadi penurunan sebesar 10.75%. Hal ini menunjukkan bahwa metode filtrasi berhasil mengurangi pH, efektivitasnya dalam mencapai nilai yang sesuai dengan standar lingkungan sudah memadai.

Mekanisme penurunan pH melalui proses filtrasi terjadi karena interaksi antara senyawa-senyawa alkaline dalam limbah dengan media filter yang memiliki kapasitas buffer atau netralisasi. Pengolahan limbah dengan proses netralisasi dan filtrasi-adsorpsi menggunakan pasir silika, batu kerikil, zeolit dan arang aktif telah terbukti efektif dalam mengatur pH limbah cair. Media filter seperti zeolit dan karbon aktif memiliki gugus fungsional yang dapat berinteraksi dengan ion hidroksida (OH^-) yang menyebabkan tingginya pH limbah. Selain itu, proses filtrasi juga dapat menghilangkan senyawa-senyawa organik dan anorganik yang berkontribusi terhadap alkalinitas limbah. Keberhasilan penurunan pH melalui filtrasi ini menunjukkan bahwa teknologi ini dapat dijadikan sebagai tahap pretreatment yang efektif sebelum limbah dialirkan ke sistem pengolahan lanjutan atau dibuang ke lingkungan (Sinaga, dkk, 2024).

Adapun yang berperan dalam menurunkan Ph ini adalah zeolit, karena memiliki peran yang menarik dalam menstabilkan pH air karena kemampuannya dalam pertukaran ion, tetapi dampaknya tidak sekuat bahan lain yang secara khusus digunakan untuk menyeimbangkan pH.

Rekomendasi pemanfaatan media filtrasi dalam pengolahan lindi adalah berupa bahwa media yang digunakan pada proses filtrasi ini sekurang kurangnya diganti selama sebulan 1 kali pergantian maupun pencucian alat dan juga media pada proses filtrasi ini. dikarenakan jika polutan yang terkandung dalam air lindi terlalu tinggi maka bahan yang digunakan akan sangat cepat untuk tidak maksimal lagi digunakan begitu juga dengan alat/media maka akan cepat ditumbuhi lumut ataupun alga. disebutkan bahwa tingginya konsentrasi senyawa organik pada lindi dapat menyebabkan penyumbatan pada proses filtrasi. penyumbatan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk bahan organik, anorganik, partikulat, dan pertumbuhan biologis. Penyumbatan ini secara langsung menurunkan efektivitas media filter. Tanpa pembersihan atau penggantian rutin, media filter akan kehilangan kemampuannya untuk menyaring polutan. Kondisi ini juga memicu pertumbuhan mikroorganisme seperti alga dan lumut, yang mempercepat degradasi media dan mengurangi kualitas air yang dihasilkan (Desinta dan Heru 2016).

Oleh karena itu, tindakan preventif berupa pembersihan atau penggantian media secara berkala, seperti yang Anda rekomendasikan, menjadi sangat krusial untuk menjaga efisiensi sistem pengolahan lindi agar tetap optimal dan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Kemampuan metode Filtrasi dalam pengolahan lindi pada penelitian ini sudah cukup maksimal dalam mendegradasi beberapa parameter, hal ini dikarenakan persentase penyisihan sudah cukup tinggi.
2. filtrasi menunjukkan bahwa metode filtrasi berhasil memberikan penurunan yang signifikan pada semua parameter yang diuji. Parameter BOD mengalami penurunan terbesar sebesar 71.06%, diikuti oleh TSS yang turun sebesar 82.58%. Meskipun terdapat penurunan pada pH dan COD, nilai-nilai tersebut masih berada di atas batas baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan menteri lingkungan hidup.

5.2 SARAN

Adapun saran dan masukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat membuat arang aktif sendiri. dan juga bisa menggunakan bahan yang berasal dari bahan yang mudah didapatkan. media yang digunakan kedepannya sebaiknya lebih divariasikan lagi, agar lebih bervariasi dalam prosesnya.
2. Penting untuk melakukan monitoring secara berkala terhadap kualitas lindi setelah setiap tahap pengolahan. Evaluasi yang rutin akan membantu dalam mengidentifikasi parameter yang masih bermasalah dan memungkinkan penyesuaian metode pengolahan yang lebih efektif.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi kombinasi metode pengolahan yang berbeda dapat memberikan solusi yang lebih efektif dalam menurunkan parameter yang masih tinggi. Inovasi dalam teknologi pengolahan limbah juga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses.

DAFTAR PUSTAKA

- AA Juniarsih. (2018). "Pengertian Air Lindi (Leachate)." Diakses Dari Repository.Unimus.Ac.Id.
- Abdullah, N.H., & Chen, G. (2020). "Cost-Effective Leachate Treatment Using Advanced Filtration Systems". *Water Science And Technology*, 81(3), 456- 465.
- Agustin, T., & Rudijanto, H. (2023). Literatur Review: Analisis Kualitas Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Indikator Baku Mutu BOD, COD, TSS. *Jurnal Penelitian Keperawatan*.
- Andesgur, I., Hakim, L., & Julianto, T. S. (2019). Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan Proses Elektrokoagulasi – Sedimentasi dan Filtrasi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1).
- Anita, V. (2018). Penurunan Kadar COD, BOD, dan TSS pada Limbah Cair Industri MSG dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball. *Academia.edu*.
- Becana, M., Et Al. (2019). "Nitrogen Metabolism In Pseudomonas". *Microbiology And Molecular Biology Reviews*, 83(4), E00045-19.
- Damanhuri, E. (2010). "Pengelolaan Lindi Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan Di TPA". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(2), 232-240.
- De, S., Maiti, S.K., Hazra, T., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2021). A comprehensive review of landfill leachate treatment technologies. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1439128. DOI: 10.3389/fenvs.2024.1439128
- Djaurany, Hatur Fitri (2014) Pengolahan Lindi Dengan Proses Biofiltrasi Anaerob (Studi Kasus Tpa Supit Urang Kota Malang). Skripsi Thesis, Itn Malang
- Kurniawan, A., & Yamamoto, K. (2019). "Leachate Treatment Using Combined Filtration And Biological Process". *Journal Of Environmental Engineering*, 45(2), 112-120.
- Kurniawan, A., & Yustiani, Y. M. (2020). Kajian Efektivitas Pengolahan Lindi Menggunakan Metode Filtrasi Media Bertingkat Di TPA Sarimukti Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan UNISBA*, 6(2), 89-101.

- Madigan, M.T., Et Al. (2018). Brock Biology Of Microorganisms. 15th Edition. Pearson
- Permadi, M., & Widodo, S. (2021). "Evaluasi Kinerja Sistem Filtrasi Multi-Media Dalam Pengolahan Lindi". *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(2), 78-85.
- Pratama, Y., & Zainul Mukhtar, M. (2018). "Analisis Karakteristik Air Lindi (Leachate) Di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang." *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 15(1), 19-28
- Pratiwi, R., & Sutrisno, B. (2020). "Karakterisasi Dan Aplikasi Zeolit Sebagai Media Filter Air". *Jurnal Kimia Indonesia*, 15(2), 67-75.
- Prayudi. (2018). Pengolahan Air Leachate Sampah dengan Teknologi Aerasi dan Filtrasi. *Jurnal Permukiman*, 8(1), 39-44.
- Rahman, M.A., & Liu, Y. (2018). "Advanced Leachate Treatment Using Multi-Stage Filtration System". *Water Research*, 132, 190-198.
- Rahmawati, N., & Suharto, B. (2020). "Efektivitas Serat Ijuk Sebagai Media Filtrasi Dalam Pengolahan Air". *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 89- 96.
- Rezagama, A., Notodarmojo, S., & Hadi, W. (2018). Penyisihan Limbah Organik Air Lindi TPA Jatibarang Menggunakan Koagulasi-Flokulasi Kimia. *Jurnal Teknik*, 37(2), 85-91. DOI: 10.14710/teknik.v37i2.12647
- Sinaga, M., Altway, S., & Qomariyah, L. (2024). Penerapan Metode Gabungan Netralisasi, Koagulasi, Filtrasi dan Adsorpsi dalam Pengelolaan Limbah Cair Laboratorium. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(1), 97-105.
- Sutanto, H., & Wibowo, A. (2020). "Mekanisme Filtrasi Dalam Pengolahan Air Lindi". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 34-42
- Sutrisno, A., & Hidayat, R. (2021). "Optimasi Penggunaan Media Kerikil Dalam Sistem Filtrasi Air". *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16(2), 123-131.
- Syahputra, R., Harahap, F., & Lubis, K. S. (2020). Efektifitas Metode Kombinasi Pasir Zeolit dan Arang Aktif dalam Pengolahan Air Lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 4(2), 85- 94.

- Widyasari, R., Et Al. (2020). "Efektivitas Pengolahan Lindi Menggunakan Sistem Multi-Layer Filtration". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 45-53.
- Wijaya, H., & Santoso, R. (2020). "Optimasi Penggunaan Karbon Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah". *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(3), 156-165.
- Zhang, L., Et Al. (2018). "Microbial Denitrification In Wastewater Treatment". *Journal Of Environmental Management*, 216, 278-285.
- Zhang, L., Et Al. (2019). "Performance Analysis Of Different Filtration Media In Leachate Treatment". *Environmental Technology*, 40(15), 1925-1934.
- Zumaquero, A., Et Al. (2020). "Denitrification Efficiency Of Pseudomonas Species". *Water Research*, 175, 115-129.
- Larasati, A. I., Susanawati, L. D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika Gel Di TPA Tlekung, Batu. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(1), 44-50.
- Adriansyah, E., Agustina, T. E., & Arita, S. (2019). Pemanfaatan Sisa Kulit Kayu sebagai Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Lindi Industri Pulp and Paper. *Civronlit: Jurnal Teknik dan Riset*, 4(2), 22.
- Rahardianti, E. S. (2016). Pengurangan Kadar Pencemaran Pada Air Lindi Sampah Menggunakan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Palembang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan parameter TSS Lindi

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai TSS

$$\text{TSS mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (L)}}$$

1.1 sampel lindi sebelum menggunakan metode filtrasi

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(0,521 - 0,91) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 90,479 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

1. Parameter TSS

a. Perhitungan efektivitas

$$\begin{aligned} \text{efektifitas (\%)} &= \frac{\text{TSS awal} - \text{TSS akhir}}{\text{TSS awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{521 - 91}{521} \times 100\% \\ &= 82,58 \% \end{aligned}$$

2. Parameter COD

a. Reaktor 1, dengan waktu tinggal 24 jam

$$\begin{aligned} \text{efektifitas (\%)} &= \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{749 - 280}{749} \times 100\% \\ &= 62,66\% \end{aligned}$$

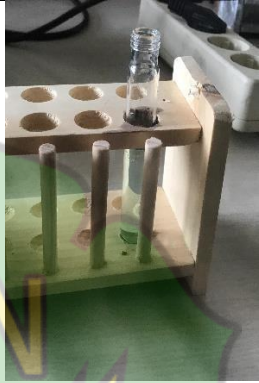
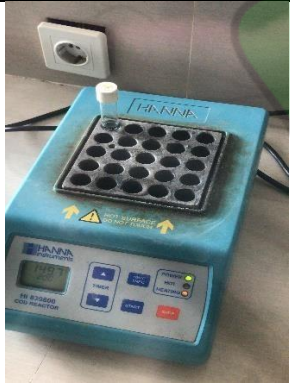
3. Parameter BOD

$$\begin{aligned} \text{efektifitas (\%)} &= \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{422 - 122}{422} \times 100\% \\ &= 71,06\% \end{aligned}$$

4. Parameter pH

$$\begin{aligned} \text{efektifitas (\%)} &= \frac{\text{COD awal} - \text{COD akhir}}{\text{COD awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{9,3 - 8,3}{9,3} \times 100\% \\ &= 10,75\% \end{aligned}$$

Lampiran

	
Proses vakum filtrasi	Proses penimbangan kertas whiteman
	
Alat yang digunakan dalam proses filtrasi	Tabung reaksi yang berisi sampel air lindi dengan campuran
	
Alat cod meter	Proses pengukuran cod

Lampiran 4. Prosedur Pengukuran Parameter Lindi

1. Pengukuran pH

Cara pengukuran pH dijelaskan sesuai (SNI 6989.11:2019) sebagai berikut:

1. Sampel air limbah dikocok hingga homogen.
2. Sebuah gelas *beaker pyrex* digunakan untuk menampung hingga 100 mL sampel.
3. pH meter diaktifkan dan ujung elektroda pH meter dicelupkan kedalam sampel.
4. Pembacaan pada pH meter ditunggu hingga stabil.
5. Nilai pH yang terbaca dicatat.

2. Pengukuran COD

Cara pengukuran COD dijelaskan sesuai (SNI 6989.2:2019) sebagai berikut:

1. dimasukkan kedalam tabung COD 2,5 mL, selanjutnya 1,5 mL larutan campuran $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 mL larutan H_2SO_4 ditambahkan kedalam tabung COD dan kemudian ditutup.
2. COD reaktor diambil, selanjutnya tombol start pada COD reaktor ditekan dan ditunggu suhu naik hingga $150^{\circ}C$.
3. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur $150^{\circ}C$ selama 2 jam.
4. Tabung didinginkan, kemudian pengukuran sampel dilakukan menggunakan COD Meter.

3. Pengukuran TSS

Cara pengukuran TSS dijelaskan sesuai (SNI 6989.3:2019) sebagai berikut:

1. Penyaringan dilakukan melalui penggunaan peralatan penyaringan. Kertas saring dibasahi dengan sedikit air bebas mineral.
2. Sampel uji diaduk sampai homogen, kemudian sampel volume tertentu diambil secara kuantitatif dan ditempatkan pada media filter. Sistem vakum harus dihidupkan.

3. Bilas media filter 3 kali dengan 10 mL air bebas mineral setiap kali, kemudian vakum filter sampai air habis.
4. Tempatkan filter serat kaca dengan hati-hati ke dalam media penimbangan setelah melepaskannya dari perangkat filter.
5. Keringkan media timbang atau cawan yang berisi media saring dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama minimal 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator sebelum ditimbang.
6. Dihitung TSS dan dilaporkan hasil.

