

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Program Studi Ilmu Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknik



**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF UNTUK MENGURANGI
POLUTAN PADA AIR LINDI**

Tim Peneliti :

Nindy Callista Elvania, S.T., M.Ling
Oktavianus Cahya Anggara, S.T., M.Sc
Narafa Nur Khairiyyah
Regina Widya Putri L.

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro
Periode I Tahun Anggaran 2024/2025

Nomor Kontrak:

048/LPPM-LIT/UB/XI/2024

UNIVERSITAS BOJONEGORO
2025

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN PENDANAAN
PERGURUAN TINGGI

1. Judul Penelitian : Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Polutan Pada Air Lindi
2. Ketua Peneliti
 - Nama Peneliti : Nindy Callista Elvania, S.T., M.Ling.
 - NIDN : 07 0202 9501
 - Program Studi : Ilmu Lingkungan
 - E-mail : elvaniacallista@gmail.com
 - Bidang Keilmuan : Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan
3. Anggota Peneliti
 - Dosen
 - Nama Peneliti : Oktavianus Cahya Anggara, S.T., M.Sc
 - NIDN : 07 0708 8404
 - Program Studi : Ilmu Lingkungan
 - E-mail : oktavianuscahya@gmail.com
 - Bidang Keilmuan : Ekologi Manusia - Carbon Tranding
 - Mahasiswa 1
 - Nama Peneliti : Narafa Nur Khairiyyah
 - NIM : 22 25201 1 017
 - Program Studi : Ilmu Lingkungan
 - E-mail : narafa@gmail.com
 - Bidang Keilmuan : Ilmu Lingkungan
 - Mahasiswa 2
 - Nama Peneliti : Regina Widya Putri L
 - NIM : 22 25201 1 021
 - Program Studi : Ilmu Lingkungan

- E-mail : regina@gmail.com
- Bidang Keilmuan : Ilmu Lingkungan
- 4. Jangka Penelitian : 6 Bulan
- 5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Ilmu Lingkungan
- 6. Dana Diusulkan : Rp. 3.000.000

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro,

Bojonegoro, 03 Februari 2025
Pengusul,



Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.

NIDN 07 210886 01

Nindy Callista Elvania, S.T., M.Ling.

NIDN 07 020295 01

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan penelitian ini sebaik-baiknya. Laporan penelitian ini berjudul **“Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Polutan Pada Air Lindi”** ini disusun untuk memenuhi salah satu tridarma perguruan tinggi yaitu penelitian. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa penelitian sampai pembuatan laporan ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan laporan penelitian ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu tentang Ilmu Lingkungan ke depannya.

Bojonegoro, 03 Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	I
HALAMAN PENGESAHAN	II
KATA PENGANTAR	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR TABEL	VII
DAFTAR GAMBAR	VIII
RINGKASAN	IX
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Karakteristik Air Lindi	5
2.1.2 Karbon Aktif Sebagai Absorben	6
2.1.3 Mekanisme Adsorpsi	7
2.2 Penelitian Terdahulu	10
2.3 Kerangka Konsep Penelitian	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Jenis Dan Pendekatan Penelitian	16
3.2 Lokasi Penelitian	16
3.3 Populasi, Sampel, Dan Teknik Pengambilan Sampel	17
3.4 Jenis Data Dan Teknik Pengumpulan Data	17
3.5 Analisis Data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Efektifitas Karbon Aktif Dalam Mengurangi Kandungan Polutan Pada Air Lindi	19

4.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Karbon Aktif	
Dalam Pengolahan Air Lindi	22
4.3 Kemampuan Karbon Aktif Dalam Menghilangkan Berbagai Jenis	
Polutan	24
BAB V PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4.1 Efektifitas Penyerapan Konsentrasi Pencemar Pada Lindi TPA	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Konsep Penelitian	15
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Di Laboratorium Ilmu Lingkungan	16
Gambar 4.1 Efektifitas Penyerapan Terhadap Konsentrasi COD dan BOD	21
Gambar 4.2 Efektifitas Penyerapan Terhadap Konsentrasi Fe dan Zn	22

RINGKASAN

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF UNTUK MENGURANGI POLUTAN PADA AIR LINDI

Nindy Callista Elvania

Program Studi Ilmu Lingkungan
Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Bojonegoro

Pencemaran air lindi yang dihasilkan dari proses pelarutan material organik dan anorganik pada tempat pembuangan sampah terbuka merupakan masalah lingkungan yang serius. Air lindi mengandung berbagai polutan, seperti logam berat, senyawa organik, dan senyawa berbahaya lainnya yang dapat merusak kualitas air dan tanah jika tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas karbon aktif dalam mengurangi polutan pada air lindi, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja karbon aktif, seperti pH, konsentrasi polutan, dan waktu kontak, mengkaji jenis polutan yang dapat dihilangkan secara efektif oleh karbon aktif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan air lindi menggunakan karbon aktif sebagai media adsorben. Pengujian dilakukan dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi karbon aktif untuk mengetahui kondisi optimal dalam penyerapan polutan. Parameter kualitas air yang diuji meliputi COD, BOD, Fe dan Zn. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa karbon aktif sangat efektif dalam mengurangi kandungan polutan dalam air lindi hal ini dilihat dari hasil perhitungan efektivitas dimana didapatkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan nilai COD sebesar 63,96%, BOD sebesar 44,89%, Fe sebesar 83,33%, dan Zn sebesar 83,33%. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam pengolahan air lindi adalah sifat fisik dan kimia karbon aktif, konsentrasi polutan, pH air lindi, waktu kontak, suhu, keberadaan zat pengganggu (kompetisi adsorpsi), konsentrasi karbon aktif, sifat dan jenis polutan. Karbon aktif mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang mampu menyerap kandungan logam sehingga dapat menghilangkan berbagai jenis polutan.

Kata Kunci : Air Lindi, Efektivitas, Karbon Aktif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil sampah terbesar di dunia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2020 menyatakan bahwa banyaknya sampah yang dihasilkan oleh Indonesia sebanyak 67,8 juta ton dengan sumber sampah sebanyak 37,3% berasal dari aktivitas rumah tangga. Sampah hasil rumah tangga baik yang padat maupun cair yang didapatkan dari aktivitas sehari-hari yang bersumber dari kegiatan rumah tangga. limbah sampah padat yang dihasilkan adalah sisa makanan, seperti nasi basi, kulit buah, dan sayuran, sedangkan limbah sampah cair antara lain air lindi, air cucian beras dan air cucian pakaian (Apriyani, 2019). Produksi sampah yang tinggi jika tidak ditangani secara baik dan benar dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar (Damanhuri, 1996).

Dampak dari timbunan sampah dapat menyebabkan pembusukan sampah yang dapat mengeluarkan air yang disebut dengan limbah air lindi (susanto, 2004). Menurut Thomas, dkk (2019) Timbulnya air lindi dikarenakan pada TPA dilakukan pengolahan dengan menggunakan sistem landfill anaerobik terkompaksi yaitu teknik menimbun sampah pada sebuah cekungan kemudian ditimbun dengan tanah hingga tidak terdapat rongga udara, lapisan dilanjutkan hingga pada ketinggian desain yang telah ditentukan membentuk layer setebal 30-50 cm, hal ini menyebabkan air eksternal yang masuk kedalam landfill akan menghasilkan keluaran lindi. Air lindi adalah cairan yang dihasilkan dari infiltrasi air melalui timbunan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) (Rilawati, 2009).

Menurut Ali (2011) Air lindi, yang sering juga disebut air lindi landfill (leachate), merupakan cairan yang dihasilkan dari infiltrasi air ke dalam timbunan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA). Air lindi ini mengandung berbagai polutan, seperti logam berat, bahan organik, senyawa kimia beracun, dan

mikroorganisme patogen yang dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik (Anam, 2013).

Air ini mengandung berbagai zat beracun, termasuk senyawa organik, logam berat, dan mikroorganisme patogen yang dapat mencemari lingkungan sekitar (Hardyanti, 2009). Pencemaran air lindi, terutama ke sumber air tanah, dapat menyebabkan kerusakan ekosistem dan masalah kesehatan masyarakat (Karnchanawong, et.,al, 2009). Lindi mengandung zat berbahaya apalagi jika berasal dari sampah yang tercampur dengan sampah B3 (Bahan berbahaya dan beracun). Jika tidak diolah secara khusus, air lindi dapat mencemari sumur/air tanah, air sungai, hingga air laut dan menyebabkan kematian biota laut (Pinem., dkk, 2014).

Karbon aktif telah dikenal luas sebagai adsorben yang efektif dalam proses pengolahan air karena kemampuannya menyerap berbagai jenis polutan, baik logam berat, senyawa organik, maupun zat kimia berbahaya lainnya (Adi, 2014). Dengan pori-pori yang sangat kecil dan luas permukaan yang besar, karbon aktif dapat menjebak molekul polutan dari air lindi, menjadikannya solusi yang potensial dalam pengolahan air limbah (Ahmad., dkk, 2014). Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan pori-pori yang cukup untuk mengadsorpsi berbagai jenis polutan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji efektivitas karbon aktif dalam mengurangi pencemaran air lindi, dengan fokus pada parameter penting seperti konsentrasi polutan, waktu kontak, dan pH (Anggraini, 2019).

Penelitian tentang efektivitas penggunaan karbon aktif untuk pengolahan air lindi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi polutan yang ada di dalam air lindi. Parameter yang biasanya diukur meliputi COD, BOD, Fe dan Zn. Oleh karena itu, inovasi dalam pengolahan air lindi sangat diperlukan untuk menjaga kualitas lingkungan dan mencegah dampak buruk terhadap kesehatan masyarakat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih terjangkau, ramah lingkungan, dan efektif dalam rekomendasi penggunaan karbon aktif di skala laboratorium maupun industri.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang akan di kaji dalam penelitian “**Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Polutan Pada Air Lindi**” yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Seberapa efektif karbon aktif dalam mengurangi kandungan polutan pada air lindi?
2. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam pengolahan air lindi?
3. Bagaimana kemampuan karbon aktif dalam menghilangkan berbagai jenis polutan, seperti senyawa organik dan logam berat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas maka penulis merumuskan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menilai efektivitas karbon aktif dalam mengurangi polutan pada air lindi.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam pengolahan air lindi.
3. Mengkaji jenis polutan yang dapat dihilangkan secara efektif oleh karbon aktif.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang berjudul "**Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Polutan Pada Air Lindi**" meliputi beberapa aspek penting, baik dari segi lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Berikut beberapa manfaat utamanya:

1. Pengurangan Dampak Lingkungan

Penelitian ini berpotensi memberikan solusi dalam mengurangi pencemaran air lindi (leachate), yaitu air hasil perkolasi dari tempat pembuangan sampah yang mengandung banyak polutan. Karbon aktif dapat menyerap kontaminan berbahaya seperti logam berat, senyawa organik beracun, dan senyawa kimia lainnya, sehingga dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap

lingkungan, khususnya perairan dan tanah di sekitar TPA (Tempat Pembuangan Akhir).

2. Peningkatan Kualitas Air

Dengan penggunaan karbon aktif yang efektif, penelitian ini dapat meningkatkan kualitas air lindi yang diolah, sehingga air hasil pengolahan dapat digunakan kembali atau dibuang dengan aman ke lingkungan tanpa merusak ekosistem air dan tanah.

3. Kontribusi Terhadap Teknologi Pengolahan Limbah

Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan dan efisien, khususnya dalam meminimalkan dampak polusi dari tempat pembuangan sampah.

4. Efisiensi Dan Biaya Operasional

Jika terbukti efektif, karbon aktif bisa menjadi metode pengolahan air lindi yang lebih ekonomis dibandingkan metode lain yang lebih kompleks dan mahal. Hal ini dapat mengurangi biaya operasional bagi pengelola TPA dalam pengolahan air limbah.

5. Dukungan Pada Kebijakan Lingkungan

Penelitian ini bisa memberikan data dan bukti ilmiah yang mendukung kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sampah dan pengolahan limbah. Ini dapat menjadi dasar dalam penyusunan regulasi yang lebih ketat terkait pengelolaan air lindi.

6. Peningkatan Kesadaran Masyarakat

Dengan adanya penelitian ini, masyarakat dapat lebih memahami pentingnya pengolahan air limbah yang tepat dan berkelanjutan untuk melindungi lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga dapat mendorong penggunaan teknologi ramah lingkungan dalam kehidupan sehari-hari.

Secara keseluruhan, penelitian ini memiliki manfaat yang luas, baik untuk sektor industri, pemerintahan, maupun masyarakat secara umum, dengan tujuan utama mengurangi dampak polusi dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Karakteristik Air Lindi

Air lindi adalah cairan yang terbentuk ketika air hujan menyaring melalui tumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) dan terkontaminasi oleh bahan-bahan organik dan anorganik. Cairan ini menjadi isu penting dalam pengelolaan limbah karena potensinya yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Thomas., dkk. 2019). Lindi (leachate) adalah cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah (Susanto, 2004). Menurut Rilawati (2009) Lindi dapat meresap ke dalam tanah yang menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah secara langsung karena dalam lindi terdapat berbagai senyawa kimia organik dan anorganik serta sejumlah pathogen. Untuk menanggulangi permasalahan lindi diperlukan upaya pengolahan lindi di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir).

TPA menjadi tempat penampungan berbagai macam sampah sehingga lindi mengandung berbagai jenis bahan pencemar yang berpotensi mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Air lindi dapat merembes ke dalam tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai (Ali, 2011). Setiap TPA memiliki karakteristik air lindi yang berbeda tergantung dari proses yang terjadi di dalam landfill, yang meliputi proses fisika, kimia dan biologis (Apriyani., dkk. 2019). Air lindi memiliki karakteristik yang bervariasi tergantung pada komposisi sampah, iklim, dan usia TPA (Damanhuri, 1996).

Lindi memiliki karakteristik tertentu, hal ini disebabkan limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula (Hardyanti, 2009).

Komposisi lindi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik sampah organik/anorganik, tetapi juga mudah tidaknya degradasi (larut/tidak larut), kondisi tumpukan sampah (temperatur, pH, kelembaban, dan umur), karakteristik sumber air (kuantitas dan mutu air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrien dan mikroba, serta kehadiran inhibitor (Pinem., dkk. 2014).

Iklim merupakan faktor penting yang mempengaruhi kuantitas dan mutu lindi. Hujan menjadi fase transport untuk pencucian dan migrasi kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan untuk aktivitas biologis. Demikian halnya dengan umur tumpukan sampah, juga mempengaruhi mutu lindi dan gas yang terbentuk (Karnchanawong. 2009). Perubahan mutu lindi dan gas menjadi parameter utama untuk mengetahui tingkat stabilisasi tumpukan sampah. Hingga saat ini, lindi dari TPA sampah masih menjadi sumber masalah bagi kota-kota di Indonesia. Hal itu terjadi karena umumnya lindi belum dikelola dengan baik (Thomat., dkk, 2013). Lindi belum diolah secara maksimal menjadi efluen yang aman dialirkan ke lingkungan hingga lindi selalu mencemari badanbadan air di sekitar TPA sampah. Apabila hal ini terus dibiarkan, dikhawatirkan akan menimbulkan penolakan masyarakat terhadap keberadaan TPA sampah di wilayahnya (Rilawati, 2009). Menurut Damanhuri, (1996) pada dasarnya, TPA sampah tidak akan dipermasalahan oleh masyarakat di sekitar TPA sampah apabila keberadaan TPA sampah tidak menyebabkan pencemaran baik pencemaran yang disebabkan oleh sampah padat atau lindinya.

2.1.2 Karbon Aktif Sebagai Adsorben

Karbon aktif sering digunakan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan yang besar dan pori-porinya yang dapat menyerap berbagai polutan (Wulandari., dkk. 2014). Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai bahan dasar organik maupun anorganik yang mengandung karbon

dan berpori, seperti serbuk kayu, ampas tebu, dan tempurung kelapa. Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben (Verayana., dkk. 2018). Karbon aktif dapat menyerap gas dan senyawa kimia dengan daya serap yang cukup tinggi. Tingginya kemampuan menyerap ini disebabkan karena banyaknya pori-pori dalam karbon dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan (Tamado., dkk. 2013). Karbon aktif memiliki sifat adsorptif yang luar biasa karena struktur berpori dan luas permukaan yang besar. Karbon aktif efektif dalam menghilangkan senyawa organik dan logam berat dari air limbah. Adsorpsi terjadi ketika partikel polutan melekat pada permukaan pori karbon aktif, yang menjadikan karbon aktif sebagai metode penting dalam pengolahan limbah cair (Sudibandriyo. 2011).

Karbon aktif merupakan materi yang bisa dipakai untuk mengolah limbah pencemaran lingkungan. Karena mempunyai daya serap yang baik membuat karbon aktif digunakan sebagai adsorben. 1 gram arang aktif dapat mengadsorpsi sebanyak 500 m² (diukur dari adsorpsi gas N₂) (siti, 2012). Menurut Sembiring (2003) Karbon aktif sendiri memiliki beberapa sifat, seperti kekuatan daya serapnya yang tinggi dan sifat termal baik, hingga dapat menjadi bahan bakar alternatif setelah pembriketan. Industri karbon aktif yang berada di Indonesia memperoleh perubahan yang dapat dikatakan pesat. Pasalnya, permintaan pasar yang terus meningkat baik dari dalam ataupun dari luar Indonesia. Karbon aktif yang meningkat kebutuhannya terjadi karena meningkatnya pemakaian karbon aktif dalam industri. Karbon aktif secara umum diaplikasikan dalam dunia farmasi, makanan, minuman, pengolahan air dan kimia (Prabowo, 2009).

2.1.3 Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan

dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi (Puspitasari., dkk. 2017). Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap. Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Pakiding., dkk. 2014). Menurut Nitsae., dkk (2020) Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letakletak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Muhajir., dkk. 2021).

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material (Matshura, 2018). Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Lestari., dkk. 2016). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (Khairunnisa., dkk. 2017).

Adsorpsi dianggap sebagai metode yang ekonomis dan efisien karena relatif murah, terbarukan dan relatif sederhana (Droste. 1996). Adsorben yang paling banyak digunakan adalah arang aktif, arang aktif merupakan salah satu produk lanjutan dari arang tempurung dengan nilai ekonomi

tinggi, yaitu sekitar 10 kali nilai ekonomi tempurung (Arie., dkk. 2014). Karbon aktif dapat diaktifkan dengan beberapa cara, seperti distilasi kering tempurung kelapa yang disebut aktivasi fisik, kemudian secara kimiawi menggunakan bahan kimia sebagai aktivator (Anggraini, 2019). Faktor yang dapat mempengaruhi daya serap antara lain; sifat adsorben, sifat serapan, suhu dan Ph (Ahmad., dkk. 2012).

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama, Tahun Dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Variable Atau Instrumen	Hasil Penelitian
1	Fanty, dkk. 2018 (Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif)	Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor berupa takaran karbon aktif dengan 4 perlakuan, yaitu penambahan karbon aktif pada limbah laundry sebesar 0g/L, 5g/L, 10g/L, dan 15g/L. Air limbah ditambah dengan karbon aktif dengan takaran sesuai dengan perlakuan, selanjutnya diaduk selama 2 jam. Setelah 2 jam pengadukan air limbah disaring menggunakan dakron dan kapas untuk memisahkan karbon aktifnya. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap parameter pH, kadar P, BOD, COD, dan kadar deterjen.	Pengelolaan limbah laundry dengan memanfaatkan karbon aktif	Hasil penelitian menjelaskan bahwa penambahan karbon aktif 5g/L secara nyata menurunkan nilai BOD, COD, dan kadar detergent limbah laundry. Perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L limbah tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambah karbon aktif 10g/L, 15g/L. BOD, COD, dan kadar detergent menurun berturut-turut dari 182 mg/L menjadi 85,33 mg/L, dari 668,83 mg/L menjadi 256,33 mg/L, dan dari 55,46 mg/L menjadi 0,62 mg/L.

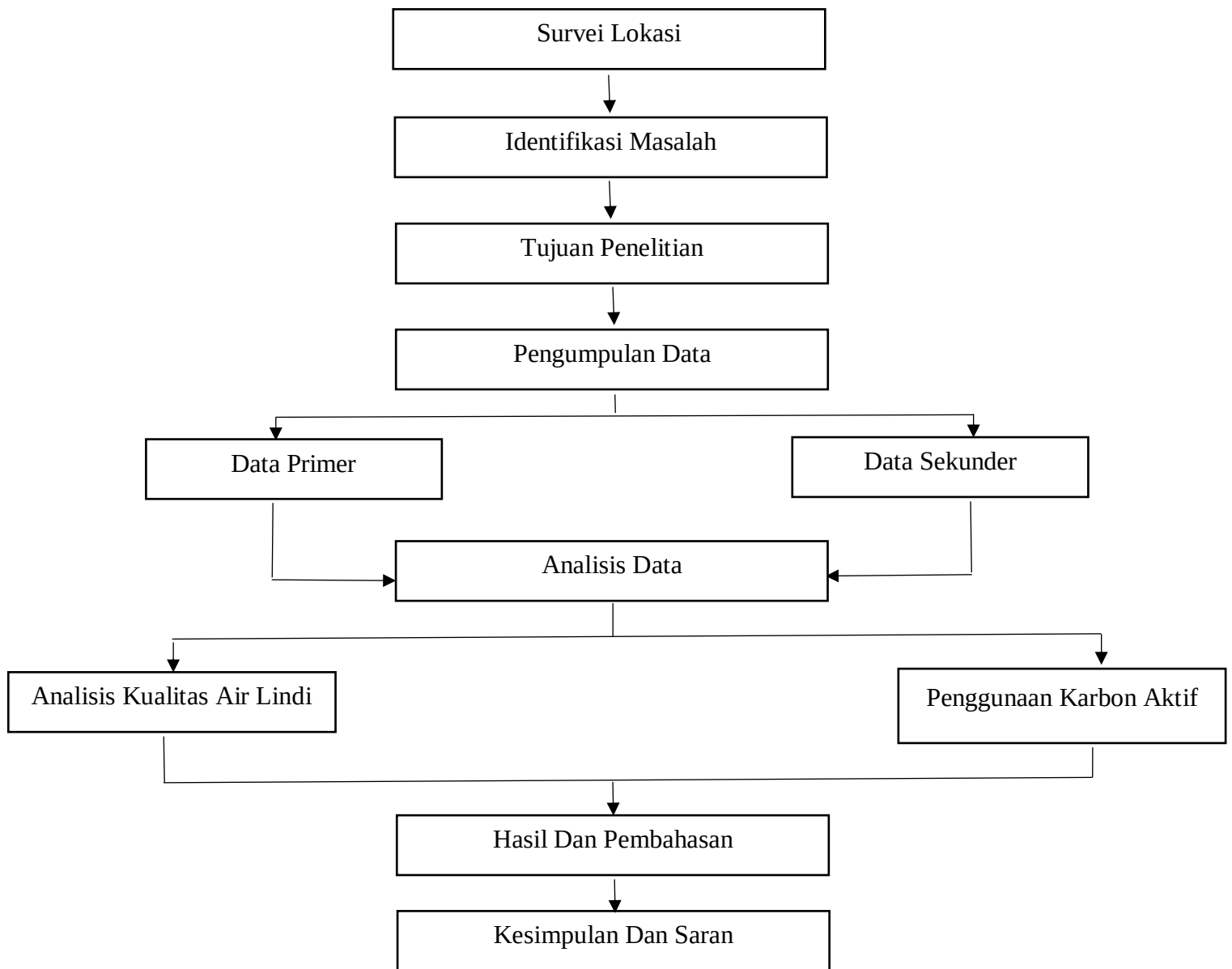
2	Dina Fajrina, dkk 2022. (Efektivitas Karbon Aktif Dalam Menurunkan Konsentrasi COD Pada Limbah Cair RSUD Massenrempulu Kabupaten Enrekang)	Jenis penelitian ini bersifat eksperimen dengan desain pre test dan post test yang hasilnya akan di uji secara deskriptif. Waktu penelitian ini 17 April-17 Juli 2021. Sampel yang diambil pada penelitian ini adalah limbah cair rumah sakit dengan menggunakan teknik “Grab Sampling” (sampel yang diambil secara langsung). Pengambilan dilakukan pada bak penampung awal karena sudah mewakili semua limbah cair Rumah Sakit tersebut. Sampel yang telah didapatkan akan diperiksa berdasarkan parameter limbah cair yang dianalisis. Parameter COD di uji dengan alat spektrofotometer sebelum diberikan perlakuan setelah diperiksa selanjutnya diberikan perlakuan dan dilakukan pengadukan dengan menggunakan alat mixing flokulator. Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan sampel	Objek penelitian dalam penelitian ini adalah limbah cair rumah sakit Massenrempulu Kabupaten Enrekang dengan menggunakan karbon aktif dalam menurunkan konsentrasi COD	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan pengolahan limbah cair di rumah sakit diperoleh efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dosis 15 gr dengan waktu pengadukan 15 menit dan pengendapan 2,5 jam yaitu sebesar 64,66%. Pada perlakuan pengolahan limbah cair di rumah sakit diperoleh efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dosis 25 gr dengan waktu pengadukan 15 menit dan pengendapan 2,5 jam yaitu sebesar 41,3%. Pada perlakuan pengolahan limbah cair di rumah sakit diperoleh efektivitas karbon aktif tempurung kelapa dosis 30 gr dengan waktu pengadukan 15 menit dan pengendapan 2,5 jam yaitu sebesar 39,33%. Variasi dosis yang paling efektif dalam menurunkan kadar COD yaitu dosis 15 gr dengan efisiensi penurunan sebesar 64,66%.
---	--	---	--	---

		laboratorium dikumpul kemudian diolah. Data yang telah diolah kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif.		
3	Mochtar Hadiwidodo, dkk. 2012 (PENGOLAHAN AIR LINDI DENGAN PROSES KOMBINASI BIOFILTER ANAEROB-AEROB DAN WETLAND)	Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD5, COD, TSS, amoniak, nitrit dan nitrat menggunakan reaktor biofilter dan wetland. Lindi yang digunakan berasal dari TPA Ngronggo, Salatiga.	Instrumen yang digunakan adalah pemanfaatan biofilter anaerob-aerob dan wetland dalam pengolahan air lindi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses biofilter anaerob terbukti lebih efektif dalam mengolah air lindi akibat karakteristik dasar air lindi yang tidak memiliki kandungan oksigen terlarut ($DO = 0$), Proses biofilter ini berkaitan erat dengan waktu tinggal. Hal ini ditunjukkan pada data hasil penelitian yang menunjukkan efisiensi penyisihan parameter pencemar pada waktu tinggal 25 jam lebih baik bila dibandingkan waktu tinggal yang lain, Pada reaktor wetland, semakin banyak jumlah tumbuhan <i>Scirpus grossius</i> (lingi) yang digunakan maka semakin tinggi penurunan konsentrasi COD dari air lindi TPA Ngronggo, Salatiga.

4	Afia Nita Batdjedelik, dkk. 2024 (Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Jelantah)	Jenis penelitian ini adalah Tinjauan Pustaka Sistematis atau umumnya disebut sebagai Systematic Literature Review (SLR). Tinjauan pustaka sistematis merupakan cara yang dipakai untuk mengumpulkan atau mencari data atau pustaka dengan topik tertentu yang bisa didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet dan pustaka lain.	Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan berupa data dan artikel-artikel yang diperoleh dari buku, laporan ataupun jurnal ilmiah terkait studi yang diterbitkan secara nasional maupun internasional. Hasil dari studi literatur terhadap artikel-artikel tersebut digunakan sebagai referensi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai adsorben pemurnian minyak jelantah karena memiliki tingkat kekerasan yang mempermudah sifat penanganannya, luas permukaan yang besar, memiliki daya serap yang tinggi, menghasilkan abu yang sedikit dan tingkat kemurniannya tinggi. Selain itu kandungan seperti selulosa dan lignin juga menjadi alasan tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai adsorben, Karbon aktif dari tempurung kelapa setelah diaktivasi dengan asam fosfat (H_3PO_4) dan dilakukan pengujian pada karbon aktif, didapatkan karakteristik dari karbon aktif tempurung kelapa yaitu memiliki kadar abu, kadar air, kadar karbon dan zat menguap yang telah memenuhi sifat dasar dapat dikatakan
---	--	---	---	---

				sebagai karbon aktif. Hal tersebut karena karakteristik dari karbon aktif tempurung kelapa telah dibandingkan dengan SNI.
5	Nusa, dkk. 2015 (Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Dan Denitrifikasi)	Metode yang digunakan yaitu pengolahan lindi dengan menggunakan kombinasi proses biofilter anaerob-aerob dan denitrifikasi. Dengan teknologi tersebut mampu mempersingkat waktu tinggal, sehingga lahan yang diperlukan untuk pengolahan lindi tidak terlalu luas.	Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi proses biofilter anaerob-aerob dan proses denitrifikasi dengan total waktu 12 hari, yakni waktu tinggal di dalam reaktor anaerobik 8 (delapan) hari, waktu tinggal di dalam reaktor aerobik 3 (tiga) hari dan waktu tinggal di dalam reaktor denitrifikasi 1 (satu) hari	Hasil penelitian menunjukkan pengolahan lindi dapat memenuhi baku mutu yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan. Pengolahan air lindi menggunakan proses biofilter anaerob-aerob dan proses denitrifikasidengan total waktu 12 hari, yakni waktu tinggal di dalam reaktor anaerobik 8 (delapan) hari, waktu tinggal di dalam reaktor aerobik 3 (tiga) hari dan waktu tinggal di dalam reaktor denitrifikasi 1 (satu) hari dapat dihasilkan efisiensi penyisihan COD sebesar 97% , efisiensi penyisihan amoniak 97,56%, efisiensi penyisihan TSS 87,5 %, dan efisiensi penyisihan nitrat sebesar 86,4 %

2.3 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2.1 Kerangka Konsep Penelitian

BAB III

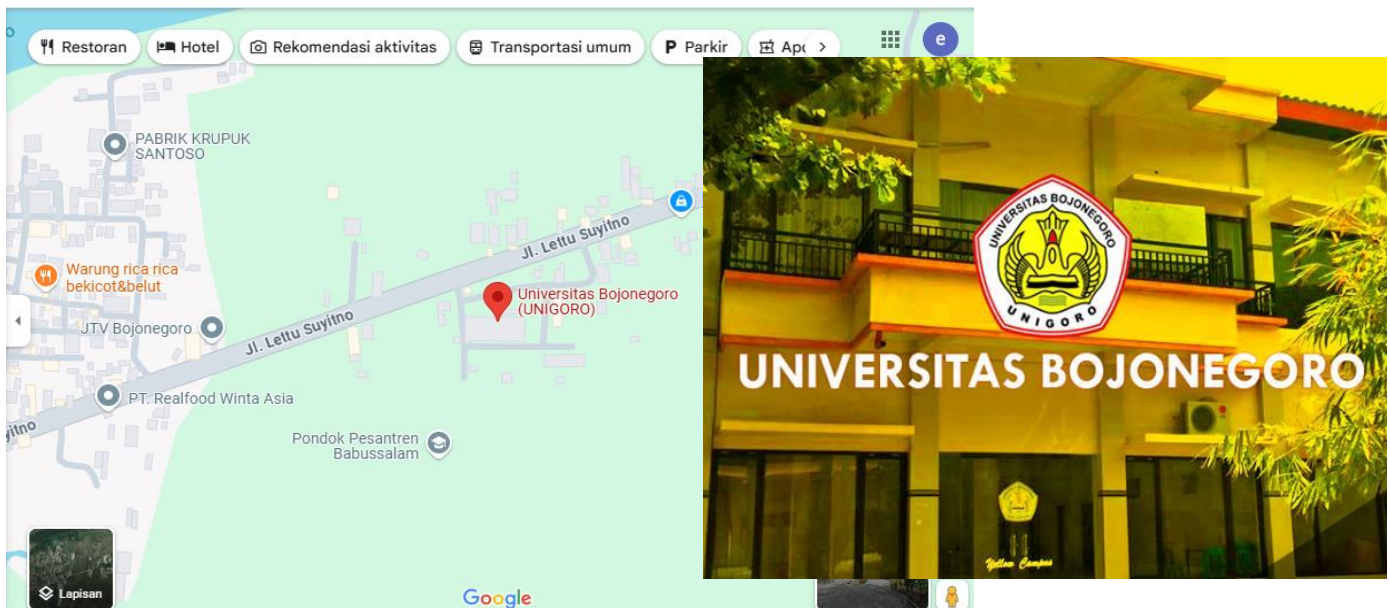
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan metode adsorpsi untuk menguji kemampuan karbon aktif dalam mengurangi kandungan polutan pada air lindi. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan pendekatan saintifik dengan menggunakan dua variabel. Dimana variabel pertama dilakukan pengujian air lindi dengan tanpa perlakuan menggunakan karbon aktif sedangkan variabel kedua dilakukan pengujian air dengan perlakuan menggunakan karbon aktif. Parameter yang akan dilakukan pengujian berupa parameter BOD, COD, Fe, dan Zn.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Lingkungan. Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan November 2024 – April 2024



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Di Laboratorium Ilmu Lingkungan

3.3 Populasi, Sampel, Dan Teknik Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini, populasi dapat berupa Air lindi yang dihasilkan dari TPA Banjarsari, Jenis polutan yang akan dilakukan pengujian berupa parameter BOD, COD, Fe, dan Zn, serta Karbon aktif yang digunakan untuk perlakuan pada air lindi yaitu ukuran pori, bahan dasar, cara aktivasi.

Pengambilan sampel di penelitian ini dimulai dengan penentuan lokasi pengambilan sampel air lindi, lokasi pengambilan sampel air lindi yaitu pada Lokasi pengambilan sampel di TPA Banjarsari yang berada di Desa Banjarsari, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Bojonegoro. Sampel diambil sebanyak 1L air lindi untuk pengujian parameter BOD, COD, Fe, dan Zn.

Untuk pengambilan sampel air lindi perlu diperhatikan hal-hal berikut ini agar hasil analisa kualitas air tidak terjadi kesalahan :

- Titik pengambilan contoh harus mewakili (representatif) dan hindari pengambilan buih dari permukaan air lindi;
- Botol yang akan dipergunakan untuk pengambilan sampel dibersihkan terlebih dahulu;
- Botol dibenamkan pada kedalaman air lindi yang akan diperiksa;
- Pengambilan sampel pertama air lindi digunakan untuk membersihkan botol sampling untuk kemudian dibuang kembali lalu diulang untuk beberapa kali.

Tahapan selanjutnya yaitu penggunaan karbon aktif pada air lindi dengan menggunakan metode batch untuk menganalisis uji adsorpsi dari karbon aktif dan dilakukan pengujian parameter BOD, COD, Fe, dan Zn untuk mengetahui efektivitas penggunaan karbon aktif untuk mengurangi polutan pada air lindi.

3.4 Jenis Data Dan Pengumpulan Data

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengolahan air lindi menggunakan karbon aktif sebagai media adsorben. Pengujian dilakukan dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi karbon aktif untuk mengetahui kondisi optimal dalam penyerapan polutan. Parameter kualitas air yang diuji meliputi parameter BOD, COD, Fe, dan Zn.

3.5 Analisis Data

Data yang akan dikumpulkan sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan karbon aktif, di antaranya:

- Kandungan polutan dalam air lindi: Ini bisa meliputi parameter seperti parameter BOD, COD, Fe, dan Zn.
- Konsentrasi karbon aktif: Konsentrasi atau dosis karbon aktif yang digunakan (mg/L atau g/L).
- Waktu kontak: Durasi karbon aktif berinteraksi dengan air lindi.
- pH air lindi: pH sebelum dan sesudah perlakuan.
- Volume air lindi: Berapa banyak air lindi yang digunakan dalam eksperimen.
- Perhitungan Efektivitas : Untuk setiap parameter polutan, bisa menghitung efektivitasnya menggunakan rumus berikut:

$$E (\%) = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana :

E = Efektivitas Pengurangan (%)

A = Konsentrasi Awal

B = Konsentrasi Akhir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Efektifitas Karbon Aktif Dalam Mengurangi Kandungan Polutan Pada Air Lindi

Air lindi yang digunakan dianalisis terlebih dahulu supaya diketahui penurunan dan perbedaan setelah ditambah dengan karbon aktif. Analisis yang dilakukan berdasarkan parameter COD, BOD, logam Fe dan Zn. Kandungan COD merupakan indikasi dari jumlah oksigen yang dibutuhkan oksidator untuk menguraikan zat tidak terlarut dalam 1 L air lindi. Hal ini menunjukkan jumlah kandungan zat yang tidak terlarut di dalam air lindi. Kandungan COD di dalam air lindi yaitu 265 mg/L sedangkan baku mutunya 300 mg/L. Semakin tinggi nilai COD, maka akan semakin banyak kadar oksigen terlarut yang diperlukan untuk proses kimiawi, akibatnya dapat mengurangi ketersediaan oksigen terlarut bagi kehidupan organisme perairan.

Kandungan BOD merupakan indikasi dari jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam 1 L air lindi. Kandungan BOD di dalam air lindi yaitu 81,3 mg/L sedangkan baku mutunya 150 mg/L. Berdasarkan parameter COD dan BOD maka air lindi sudah tidak layak dibuang ke lingkungan tanpa perlakuan terlebih dahulu.

Berdasarkan analisa terhadap Fe dan Zn, didapatkan bahwa kandungan logam terlarut masih dibawah baku mutu yaitu masing-masing sebesar 0,03 mg/L, sedangkan baku mutu 5 mg/L. Pengambilan sampel dilakukan pada musim penghujan sehingga menyebabkan rendahnya kadar logam terlarut. Meskipun demikian, logam terlarut yang ada menunjukkan telah terjadi pembentukan larutan logam hasil dari dekomposisi sampah yang terjadi secara terus menerus.

Efektifitas penyerapan konsentrasi pencemar pada lindi TPA Banjarsari secara keseluruhan ditampilkan pada **Tabel 4.1**. Konsentrasi akhir pencemar untuk parameter COD, BOD, Fe dan Zn semuanya mencapai baku mutu dengan

efektifitas penyerapan yang cukup tinggi. Parameter yang akan dilakukan pengujian berupa parameter COD, BOD, Fe dan Zn.

Tabel 4.1 Efektifitas Penyerapan Konsentrasi Pencemar Pada Lindi TPA

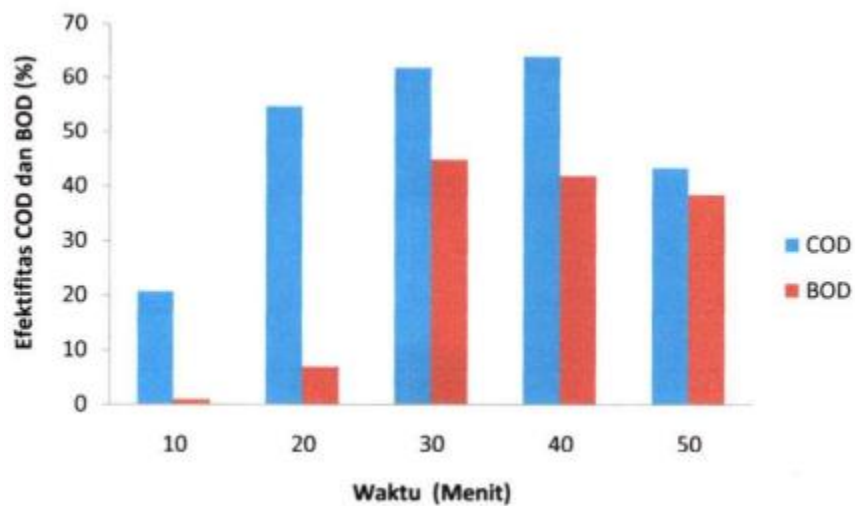
No	Parameter	Hasil Pengujian Air Lindi	Hasil Pengujian Air Lindi (Penambahan Karbon Aktif)	Efektivitas (%)	Baku Mutu
1	COD	265 mg/L	95,5 mg/L	63,96 %	300 mg/L
2	BOD	81,3 mg/L	44,8 mg/L	44,89 %	150 mg/L
3	Fe	0,003 mg/L	0,005 mg/L	83,33 %	5 mg/L
4	Zn	0,003 mg/L	0,005 mg/L	83,33 %	5 mg/L

Ket : Hasil Pengujian 2025

Baku Mutu Air Lindi : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014

Tentang Baku Mutu Air Limbah

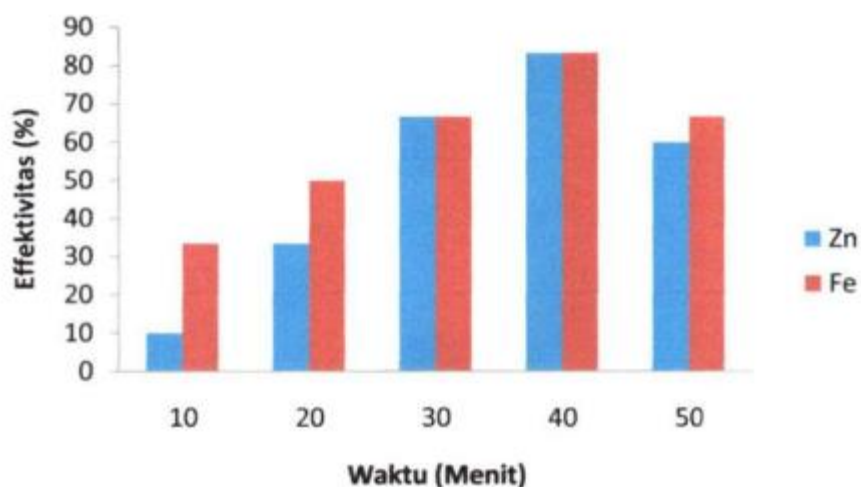
Adsorpsi air lindi menggunakan karbon aktif dilakukan dengan kondisi waktu kontak yang berbeda. Air lindi sebagai sampel diambil langsung dari TPA Banjarsari. Proses adsorpsi dilakukan pada waktu kontak 10, 20, 30, 40, 50 menit. Pada penelitian ini sebanyak 100 mL air lindi di adsorpsi dengan penambahan 0,4 gram karbon aktif. Efektifitas penyerapan pada kondisi perlakuan tersebut terhadap penurunan parameter COD dan BOD ditampilkan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Efektifitas Penyerapan Terhadap Konsentrasi COD dan BOD

Setelah mendapat perlakuan dengan kondisi tersebut, didapat waktu kesetimbangan untuk penurunan COD pada waktu kontak 40 menit, dimana konsentrasi COD menurun dari 265 mg/L menjadi 95,5 mg/L dengan efektifitas penyerapan mencapai 63, 96 %. Sedangkan Kesetimbangan adsorpsi BOD tercapai pada waktu 30 menit dengan persen penurunan mencapai 44, 8 mg/L dari kondisi awal 81,3 mg/L. Efektifitas penyerapan BOD pada lindi menggunakan karbon aktif mencapai 44,89 %. Tingginya efektifitas penurunan terhadap COD dan COD pada air lindi menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa disebabkan karena pori-pori karbon aktif dari tempurung kelapa lebih banyak menyerap zat-zat organik dari lindi.

Efektifitas penyerapan terhadap konsentrasi logam Fe dan Zn pada air lindi ditampilkan pada **Gambar 4.2**. Konsentrasi logam Fe dari 0,03 mg/L menurun menjadi 0,005 mg/L. Konsentrasi Zn dari 0,03 mg/L menurun menjadi 0,005 mg/L. Efektifitas penyerapan terhadap logam Fe dan Zn mencapai 83,33 %.



Gambar 4.2 Efektifitas Penyerapan Terhadap Konsentrasi Fe dan Zn

Kesetimbangan adsorpsi terhadap Fe dan Zn tercapai pada waktu yang bersamaan, yaitu 40 menit dengan konsentrasi Fe dan Zn masing-masing 0,005 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian efektifitas diatas didapatkan bahwa penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa dapat menurunkan kandungan Fe dan Zn karena karbon aktif tersebut mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang mampu menyerap kandungan logam.

4.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Karbon Aktif Dalam Pengolahan Air Lindi

Dalam pengolahan air lindi, kinerja karbon aktif dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat mempengaruhi efektifitasnya dalam menyerap polutan. Berikut adalah faktor-faktor utama yang mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam pengolahan air lindi:

1. Sifat Fisik dan Kimia Karbon Aktif

- **Ukuran Partikel:** Karbon aktif dengan ukuran partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi.

- **Struktur Pori:** Karbon aktif yang memiliki pori-pori mikro dan meso lebih efektif untuk menyerap molekul-molekul berukuran kecil dan menengah yang terdapat dalam air lindi.
- **Luas Permukaan:** Semakin besar luas permukaan karbon aktif, semakin besar kapasitasnya untuk menyerap kontaminan.
- **Sifat Kimia Permukaan:** Gugus-gugus fungsional di permukaan karbon aktif, seperti gugus hidroksil, karbonil, dan karboksil, dapat berinteraksi dengan kontaminan dan mempengaruhi efektivitas adsorpsi.

2. Konsentrasi Polutan

Semakin tinggi konsentrasi polutan dalam air lindi, semakin besar kapasitas adsorpsi karbon aktif yang diperlukan. Pada konsentrasi polutan yang sangat tinggi, karbon aktif dapat mencapai titik jenuh lebih cepat.

3. pH Air Lindi

pH air lindi mempengaruhi sifat kimia karbon aktif dan spesiasi polutan. Sebagai contoh, karbon aktif lebih efektif menyerap logam berat pada kondisi asam (pH rendah), sedangkan beberapa senyawa organik mungkin lebih baik diserap pada pH yang lebih tinggi.

4. Waktu Kontak

Semakin lama waktu kontak antara air lindi dan karbon aktif, semakin besar peluang adsorpsi terjadi. Namun, ada batas tertentu di mana peningkatan waktu kontak tidak lagi secara signifikan meningkatkan kapasitas adsorpsi.

5. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi kecepatan difusi polutan ke dalam pori-pori karbon aktif. Pada umumnya, suhu yang lebih tinggi meningkatkan kinetika adsorpsi, tetapi pada suhu terlalu tinggi, kapasitas adsorpsi bisa menurun karena desorpsi polutan dari karbon aktif.

6. Keberadaan Zat Pengganggu (Kompetisi Adsorpsi)

Air lindi sering mengandung berbagai jenis polutan, termasuk zat organik dan anorganik. Zat-zat ini dapat bersaing untuk diadsorpsi oleh karbon aktif, sehingga menurunkan kapasitas adsorpsi untuk senyawa tertentu.

7. Konsentrasi Karbon Aktif

Jumlah karbon aktif yang digunakan juga berpengaruh. Semakin banyak karbon aktif yang digunakan, semakin besar kapasitas adsorpsi, namun perlu diperhatikan efisiensi biaya dan penggunaannya secara berlebihan yang tidak selalu sebanding dengan peningkatan efektivitas.

8. Sifat dan Jenis Polutan

Jenis polutan dalam air lindi, seperti logam berat, senyawa organik, atau senyawa anorganik, akan mempengaruhi efektivitas karbon aktif. Sebagai contoh, karbon aktif sangat efektif untuk menyerap senyawa organik berukuran besar, tetapi mungkin kurang efektif untuk beberapa logam berat.

4.3 Kemampuan Karbon Aktif Dalam Menghilangkan Berbagai Jenis Polutan

Karbon aktif memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menghilangkan berbagai jenis polutan dari air lindi. Air lindi, atau leachate, merupakan hasil dari perkolasi air melalui tumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) Banjarsari yang mengandung berbagai polutan seperti logam berat, senyawa organik, senyawa anorganik, dan mikroorganisme patogen. Berikut adalah jenis-jenis polutan yang dapat dihilangkan oleh karbon aktif dan mekanisme kerjanya:

1. Senyawa Organik

- **Contoh:** Senyawa fenol, pestisida, deterjen, bahan kimia organik lainnya.
- **Mekanisme Penghilangan:** Adsorpsi. Karbon aktif memiliki pori-pori yang sangat besar sehingga dapat menyerap senyawa-senyawa organik yang berukuran molekul kecil hingga sedang. Polutan ini terperangkap di dalam pori-pori karbon melalui gaya Van der Waals.

2. Logam Berat

- **Contoh:** Kadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), kromium (Cr).

- **Mekanisme Penghilangan:** Adsorpsi dan pengikatan secara ionik. Permukaan karbon aktif bermuatan negatif, sehingga dapat menarik ion logam berat bermuatan positif dan mengikatnya pada permukaan.

3. Senyawa Anorganik

- **Contoh:** Nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), amonium (NH_4^+).
- **Mekanisme Penghilangan:** Karbon aktif juga dapat berinteraksi dengan senyawa anorganik melalui proses adsorpsi dan pertukaran ion. Namun, efektivitas karbon aktif dalam menghilangkan senyawa anorganik ini biasanya lebih rendah dibandingkan senyawa organik.

4. Zat Berbahaya Lainnya

- **Contoh:** Bahan beracun seperti dioksin, benzena, dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH).
- **Mekanisme Penghilangan:** Adsorpsi fisik dan kimia. Karena zat-zat ini cenderung non-polar dan hidrofobik, karbon aktif dengan pori-pori besar dapat menangkapnya dengan efisien.

5. Warna dan Bau

- **Contoh:** Pewarna tekstil, bahan-bahan pengurai organik yang menghasilkan bau.
- **Mekanisme Penghilangan:** Molekul-molekul yang menyebabkan warna dan bau biasanya memiliki sifat hidrofobik dan dapat diadsorpsi dengan mudah oleh karbon aktif.

6. Mikroorganisme

- **Contoh:** Bakteri, virus, dan jamur.
- **Mekanisme Penghilangan:** Meskipun karbon aktif tidak secara langsung membunuh mikroorganisme, permukaan karbon aktif yang luas dapat menjebak mikroorganisme dalam pori-porinya, sehingga mengurangi jumlah mikroba di dalam air lindi. Selain itu, beberapa jenis karbon aktif yang diaktifkan secara kimia dapat memiliki sifat antibakteri.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan dibawah ini :

1. Karbon aktif sangat efektif dalam mengurangi kandungan polutan dalam air lindi hal ini dilihat dari hasil perhitungan efektivitas dimana didapatkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan nilai COD sebesar 63,96%, BOD sebesar 44,89%, Fe sebesar 83,33%, dan Zn sebesar 83,33%.
2. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja karbon aktif dalam pengolahan air lindi adalah sifat fisik dan kimia karbon aktif, konsentrasi polutan, pH air lindi, waktu kontak, suhu, keberadaan zat pengganggu (kompetisi adsorpsi), konsentrasi karbon aktif, sifat dan jenis polutan.
3. Karbon aktif mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang mampu menyerap kandungan logam sehingga dapat menghilangkan berbagai jenis polutan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian tentang “**Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Polutan Pada Air Lindi**”, saran yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya air lindi yang digunakan diencerkan terlebih dahulu agar beban pencemar tidak terlalu berat.
2. Penelitian selanjutnya bisa mengubah waktu kontak dengan rentang yang lebih luas dan memvariasi berat absorben yang digunakan sehingga diharapkan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Prasetyo, (2014). **Produksi Karbon Aktif Dari Kulit Kopi Menggunakan Aktivator K₂CO₃**. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok;
- Ahmad, F.; Daud W.M.A.W.; Ahmad M.A.dan Radzi R., (2012). **Cocoa (Theobroma Cacao) Shell-Based Activated Carbon By CO₂ Activation In Removing Of Cationic Dye From Aqueous Solution**. Kinetics and equilibrium studies, Chemical Engineering Research and Design, 90(10),1480–1490;
- Ali Munawar (2011). **Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan**. Upn press. Bandung;
- Anam, M. M., K. Evi, S. Bambang. (2013). **Penurunan Kadar Logam Berat Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hyemale) dan Zeolit**. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol.1 No.2 :4359;
- Anggraini, P. D. (2019). **Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Batik Dengan Menggunakan Metode Fotokatalis TiO₂ – Karbon Aktif Tempurung Kelapa**. In *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*;
- Apriyani N, Lesmana RY. (2019). **Jumlah Timbulan dan Komposisi Sampah di Kelurahan Pahandut Kota Palangka Raya serta Dampaknya terhadap Kualitas Air Lindi**. Media Ilm Tek Lingkung. 4(1):5–9;
- Arie, A.A.; Kristianto H.; Suharto I.; Halim M. dan Lee J.K., (2014). **Preparation of Orange Peel Based Activated Carbons as cathodes in Lithium Ion Capacitors**. Advanced Materials Research, 896, 95-99;
- Damanhuri, E. (1996). **Teknik Pembuangan Akhir Sampah**. Jurnal Teknik Lingkungan ITB. Bandung;
- Droste, R.L., (1997). **Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment**. John Wiley & Sons, New York;
- Hardyanti, N., H. S. Huboyo. (2009). **Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta**. Jurnal Presipitasi Vol. 6 No.1 Maret 2009, ISSN 1907-187X;

- Karnchanawong S dan Yongpisalpop P. (2009). **Leachate Generation From Landfill Lisimeter Using Different Types Of Soil Cover**. *Iran J Civ and Environ Eng*. 1(3): 126-130;
- Khairunnisa, Rezagama, A., & Fajar Arianto. (2017). **Penurunan Kadar COD dan Warna pada Limbah Artifisial Batik Zat Warna Turunan AZO Menggunakan Metode Adsorpsi Arang Aktif dan Ozonasi+Fe₂SO₄.7H₂O**. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–7;
- Lestari, R. S. D., Sari, D. K., Rosmadiana, A., & Dwipermata, B. (2016). **Pembuatan Dan Karactersasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas**. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(2), 419;
- Masthura, M., & Putra, Z. (2018). **Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau**. *Elkawnie*, 4(1), 45–54;
- Muhajir, A., Machdar, I., & Mariana, M. (2021). **Produksi Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Kombinasi Metode Aktivasi secara Kimia dan Steam Tekanan Rendah**. *Jurnal Litbang Industri*, 11(2), 110;
- Nitsae, M., Lano, L. A., & Ledo, M. E. (2020). **Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida (KOH)**. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(1), 8.
- Pakiding, L. M., Sumarni, N. K., & Usafira. (2014). **Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Zncl 2 Dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Minyak Jelantah**. *Online Jurnal of Natural Science*, 3(1), 47–54;
- Pinem JA, Ginting MS, Peratenta M. (2014). **Pengolahan Air Lindi TPA Muara Fajar dengan Ultrafiltrasi**. *J Teknobiologi*. 5(1):43–6;
- Puspitasari, Ayu Anggraini, dkk., (2017). **Kajian Kapasitas Adsorbsi Arang Kulit Kopi Robusta teraktivasi ZnCl₂**. *Teknik Kimia, Universitas Tadulako, Palu*;
- Prabowo, A.L., (2009). **Pembuatan Karbon Aktif dari Tongol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom**. *Skripsi Universitas Indonesia*;

- Rilawati D. (2009). **Kajian Penggunaan Boisca Untuk Pemanfaatan Air Lindi (Leachate) Menjadi Pupuk Cair**. Universitas Sebelas Maret;
- Sembiring, M.T. dan T. Sinaga. (2003). **Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya**. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara;
- Siti Tias Miranti., (2012). **Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Aktivasi Agent H_3PO_4 dan KOH**. Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok;
- Sudibandriyo, Mahmud. (2011). **Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia**. Jurnal Teknik Kimia Indonesia;
- Susanto. J. P dkk. (2004). **Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan Sistem Koagulasi – Biofilter Anaerobic**. Yogyakarta: BBPT;
- Tamado, D., Budi, E., Wirawan, R., Dwi, H., Tyaswuri, A., Sulistiani, E., Asma, E., Fisika, J., & Mesin, J. T. (2013). **Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa**. *Seminar Nasional Fisika*, 73–81;
- Thomas RA, Santoso DH. (2019). **Potensi Pencemaran Air Lindi Terhadap Airtanah Dan Teknik Pengolahan Air Lindi Di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo**. *J Sci Tech*. 5(2):1– 12;
- Verayana, V. (Verayana), Paputungan, M. (Mardjan), & Iyabu, H. (Hendri). (2018). **Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)**. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 13(1), 67–75;
- Wulandari, F., Erlina, Bintoro, R. A., Budi, E., Umiatin, & Nasbey, H. (2014). **Pengaruh Temperatur Pengeringan pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat untuk Penyaringan Air Keruh**. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 3, 289–293.