**Jurnal Inovasi Global**
Vol. 2, No. 2, Februari 2024
ISSN: xxxx-xxxx; E-ISSN: 3031-0512
https://jig.rivierapublishing.id/index.php/rv/index

# Efektivitas Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Serta Ph Pada Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara

**Virgita Miranda[1], Windhu Nugroho[2], Henny Magdalena[3], Shalaho Dina Devy[4], Harjuni Hasan[5]**
Universitas Mulawarman
mirandavirgita@gmail.com

**Abstrak:**

AAT (air asam tambang) merupakan salah satu permasalahan dalam aktivitas penambangan batubara, Air tersebut terbentuk sebagai hasil oksidasi dari mineral sulfida yang bereaksi dengan oksigen di udara pada lingkungan berair. Pengambilan sampel AAT dilakukan di PT. Internasional Prima Coal dengan kondisi awal nilai pH 3,52, kadar logam besi (Fe) 23,18 mg/L dan kadar logam mangan 8,60 mg/L. berdasarkan kondisi awal sampel menunjukkan bahwa sampel tidak layak dikarenakan tidak memenuhi standar baku mutu air limbah pertambangan menurut PerMen LHK No.05 Tahun 2022. Karbon aktif tempurung kelapa merupakan salah satu media adsorpsi yang dapat digunakan dalam pengolahan air asam. Pada penelitian ini menggunakan karbon aktif tempurung kelapa dengan variasi dosis/ massa adsorben 2 gram, 4 gram, 6 gram dan 8 gram serta variasi waktu kontak selama 30 menit, 60 menit 90 menit dan 120 menit. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif tempurung kelapa sebagai media adsorpsi sangat efektif. Pada saat penggunaan dosis adsorbat sebanyak 8 gram dan waktu kontak 120 menit menghasilkan peningkatan pH menjadi 9,70 dan penurunan kadar Fe menjadi 0,21 mg/L serta kadar Mn menjadi 0,26 mg/L.

**Kata Kunci:** AAT, Karbon Aktif, Tempurung Kelapa, Adsorpsi,pH, Fe, Mn

**Abstract:**

*AAT (acid mine water) is one of the problems in coal mining activities. This water is formed as a result of the oxidation of sulfide minerals which react with oxygen in the air in an aqueous environment. AAT sampling was carried out at PT. Internasional Prima Coal with initial conditions of pH value 3.52, iron (Fe) metal content of 23,18 mg/L and manganese metal content of 8,60 mg/L. based on the initial condition of the sample, it shows that the sample is not suitable because it does not meet the quality standards for mining wastewater according to Minister of Environment and Forestry Regulation No. 05 of 2022. Coconut shell activated carbon is one of the adsorption media that can be used in acid*

*water treatment. In this study, coconut shell activated carbon was used with variations in dose/adsorbent mass of 2 grams, 4 grams, 6 grams and 8 grams and variations in contact time of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes. The research results obtained show that the use of coconut shell activated carbon as an adsorption medium is very effective. When using an adsorbate dose of 8 grams and a contact time of 120 minutes, it resulted in an increase in pH 9,70 and a decrease in Fe levels 0,21 mg/L and Mn levels 0,26 mg/L.*

***Keywords:*** *AAT, Activated Carbon, Coconut Shell, Adsorption, pH, Fe, Mn.*

## Pendahuluan

Air merupakan materi yang esensial bagi kehidupan manusia, di mana ketersediaan air, semakin lama dirasakan semakin kritis, terutama akibat aktivitas kehidupan manusia itu sendiri. Salah satu dampak negatif dari proses penambangan adalah pencemaran air, air asam tambang merupakan salah satu hasil pencemaran air akibat penambangan. Air asam tambang merupakan air dengan pH rendah dan mengandung berbagai macam logam berat, sehingga apabila dikeluarkan ke badan alir akan mengakibatkan rusaknya ekosistem dalam air dan menimbulkan berbagai penyakit bagi makhluk hidup.

PT. Internasional Prima Coal merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada industri pertambangan di Kalimantan Timur, pengelolaan limbah air asam yang dilakukan oleh PT. internasional prima coal dengan menggunakan bahan kimia seperti kapur tohor dan tawas. Penggunaan karbon aktif tempurung kelapa merupakan alternatif lain yang dapat digunakan dalam pengelolaan air asam tambang, di mana penerapannya dilakukan dengan penambahan karbon aktif dalam air asam tambang untuk menetralisir keasaman air asam tambang. Tempurung kelapa merupakan bahan pembuatan karbon aktif yang baik dikarenakan tempurung kelapa 74,3% mengandung unsur karbon, selain itu tempurung kelapa cukup terjangkau untuk di peroleh yang mana sudah menjadi limbah terbuang.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian penggunaan karbon aktif dari tempurung kelapa sebagai media adsorpsi kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan peningkatan pH dalam pengolahan air asam tambang, serta dapat mengetahui dosis dan waktu kontak karbon aktif yang optimal dalam pengolahan limbah air asam tambang pada PT. Internasional Prima Coal, agar layak untuk dialirkan ke badan perairan.

**LOKASI PENELITIAN**

Lokasi pengambilan sampel limbah air asam tambang dilakukan di saluran inlet settling pond 04 PT. Internasional Prima Coal yang secara administratif berada pada kelurahan Bantuas, kecamatan Palaran, Samarinda Kota, provinsi Kalimantan Timur. lokasi pengambilan sampel air asam tambang dapat ditempuh ± 1 jam dari Universitas Mulawarman melalui jalan Palaran – Bantuas dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat.

## DASAR TEORI

Air limbah tambang merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan yang proses terbentuknya dipengaruhi oleh adanya kandungan material lumpur pada lokasi penambangan. Selain itu mineral sulfida yang berikatan dengan oksigen dalam air dapat mengakibatkan keterdapatan logam berat serta rendahnya pH (Desiana et al., 2022). Salah satu permasalahan lingkungan dalam aktivitas penambangan adalah terkait dengan Air Asam Tambang atau Acid Mine Drainage (AMD), penampakan air asam tambang di tahap awal adanya air di pit tambang yang berwarna hijau. Timbulnya air asam tambang bukan hanya berasal dari pencucian batubara, tetapi juga dari dibukanya suatu potensi keasaman batuan sehingga menimbulkan permasalahan kualitas air dan juga tanah (Luthfi Hidayat, 2017).

Industri pertambangan batubara banyak menimbulkan bahan pencemar khususnya kandungan logam berat dan beberapa senyawa toksik. Kandungan logam berat diantaranya besi dan mangan, selain itu dalam kandungan batubara juga terdapat logam berat kadmium, sianida dan nitrit yang bersifat toksik terhadap lingkungan pada air permukaan, menurut (Kiswanto et al., 2020), logam logam berat yang dihasilkan dari penambangan Batubara diantaranya: besi (Fe), mangan (Mn), cadmium (Cd), sianida (CN), nitrit (NO2), dan sebagainya (Kiswanto et al., 2020).

Arang aktif adalah bahan padat berpori dan mengandung 85% − 95% karbon dan 5% − 15% adalah deposit. Arang aktif sering disebut juga karbon aktif yang mengalami proses aktivasi secara fisik maupun kimia. Proses aktivasi menyebabkan pori yang besar serta luas permukaannya menjadi lebih besar. Tujuan dari pori yang terbuka serta luas permukaannya menjadi lebih besar agar daya adsorpsinya atau daya ikatnya meningkat (Ekawati, 2023). Menurut Mantel (1951), sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap (adsorban), sedangkan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap (absorben).

Adsorpsi merupakan proses yang berfungsi untuk mengikat dan menyisihkan komponen tertentu yang terdapat di dalam suatu larutan dengan menggunakan adsorben. Karbon aktif merupakan adsorben yang paling umum digunakan pada proses adsorpsi dalam pengolahan limbah cair industri. Hal ini disebabkan karena karbon aktif memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi berbagai senyawa organik maupun anorganik bahkan senyawa organik yang bersifat racun (Saptati & Himma, 2017).

Menurut Budiono & Sumardiono (2013), isoterm merupakan suatu perubahan kondisi pada suhu tetap. proses adsorpsi yang menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan pada temperatur tetap, biasanya disebut dengan isoterm adsorpsi. Terdapat beberapa jenis isoterm, antara lain:

1. Isoterm Langmuir

   Model adsorpsi langmuir digunakan dengan anggapan bahwa luas permukaan adsorpsi terbatas atau memiliki lapisan permukaan tunggal (*monolayer*). Persamaan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = \frac{a.K.C_e}{1+K.C_e} \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

$\frac{x}{m}$ = Adsorbat yang teradsorpsi (mg/gr)

X = Rasio massa fase padat; massa solut teradsorpsi per massa adsorben (mg/gr)

$C_e$ = Konsentrasi zat terlarut dalam larutan, setelah tercapai kesetimbangan adsorpsi (mg/L)

a = Massa solute teradsorpsi untuk menjenuhkan per satuan massa adsorben (mg/gr).

K = Konstanta percobaan

2. Isoterm Freundlich

Model adsorpsi freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada setiap site. Persamaan Isoterm Freundlich dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = \text{X} = KC_e{}^n \text{.....(2.2)}$$

Dimana:

x = massa solut yang tercapai

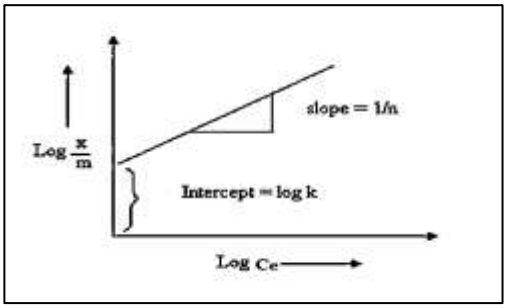
m = massa adsorben

X = rasio massa fase padat; massa solute teradsorpsi per massa adsorben (mg/gr)

K, n = konstanta adsorpsi

$C_e$ =konsentrasi zat terlarut dalam larutan setelah tercapai kesetimbangan adsorpsi (mg/L)

Nilai K dan n pada persamaan tersebut dapat diperoleh dengan persamaan garis lurus yaitu y = mx + c di mana m mewakili kemiringan garis kurva dan c mewakili intersep pada sumbu y sehingga didapatkan kurva Freundlich antara log (x/m) dan log Ce untuk mendapatkan garis lurus dengan nilai kemiringan sama dengan 1/n dan log k sebagai sumbu y yang memotong (Rengga, 2020).




**Gambar 1 Grafik Freundlich Adsorpsi, (Rengga, 2020).**

## Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan pendekatan masalah berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data yang diambil langsung di lapangan. pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan. Tahapan pra lapangan meliputi studi literatur, perumusan masalah dan persiapan alat dan bahan. Dilanjutkan dengan tahapan lapangan dengan memperoleh data primer berupa tempurung kelapa, air asam tambang dan pH awal air asam tambang. Tahapan terakhir adalah tahapan pasca lapangan yang mencakup pengolahan data yang mencakup proses preparasi tempurung kelapa, pembuatan karbon tempurung kelapa, aktivasi karbon tempurung kelapa, pengujian adsorpsi dan analisis data.

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan adsorben karbon aktif dari tempurung kelapa dalam pengolahan air asam tambang dengan skala laboratorium. Karbon aktif merupakan salah satu bahan untuk mentreatment air asam tambang kemampuan adsorpsinya untuk mengikat logam logam berat yang terlarut didalam air. Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah air asam tambang dari saluran inlet settling pond 04, site Bumi Karya Makmur, PT. Internasional Prima Coal dengan kondisi awal Sesuai dengan (tabel 1) dimana menunjukan bahwa kondisi awal air asam tambang tidak memenuhi kriteria baku mutu untuk dialirkan ke bagan sungai sesuai dengan permen LHK No.05 tahun 2022.

**Tabel 2 Kondisi Awal Sampel Air Asam Tambang**

| No. | Parameter | Satuan | Air Sampel | Baku Mutu |
|---|---|---|---|---|
| 1 | pH | - | 3,15 | 6-9 |
| 2 | Besi (Fe) | Mg/L | 23,18 | 7 |
| 3 | Mangan (Mn) | Mg/L | 8,60 | 4 |

***Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan No.05 Tahun 2022, Tentang Pengolahan Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Lampiran II.***

### Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Pembuatan karbon aktif tempurung kelapa dimulai dengan preparasi dimana tempurung kelapa dibersihkan dari pengotornya, dilanjutkan dengan tahapan dehidrasi dilakukan untuk menghilangkan kadar air didalamnya. Tahapan selanjutnya adalah karbonisasi, proses ini bertujuan untuk mengubah bahan baku tempurung kelapa menjadi karbon/arang, berikutnya adalah proses aktivasi fisik dengan pemanasan pada suhu 900˚C selama 2 jam dan aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan cairan kimia $H_3PO_4$ atau asam Posfat 1 M. berikut merupakan perubahan tempurung kelapa menjadi karbon aktif:

(a)  (b) 

**Gambar 2. (a) Tempurung Kelapa, (b) karbon tempurung kelapa yang sudah di aktifasi**

Setelah karbon tempurung kelapa di aktivasi selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik karbon aktif sesuai dengan baku mutu arang aktif teknis SNI 06-3730-1995 yang meliputi: Bagian yang hilang pada pemanasan 950˚C, kadar air, kadar abu dan karbon aktif murni. Berikut adalah hasil pengujian karakteristik baku mutu karbon aktif tempurung kelapa:

**Tabel 3 Hasil Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Kelapa**

| Karakteristik | Syarat (%) | | Hasil (%) |
|---|---|---|---|
| | Butiran | Serbuk | |
| Bagian yang hilang pada pemanasan 950˚C | maks 15 | maks 25 | 0,95 |
| Kadar air | maks 4.4 | maks 15 | 1,22 |
| Kadar abu | maks 2.5 | maks 10 | 1,02 |
| Karbon aktif murni | min 80 | min 65 | 98,03 |

***Sumber: SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis.***

Berdasarkan tabel 2, karbon aktif hasil penelitian memenuhi syarat baku mutu arang aktif teknis sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

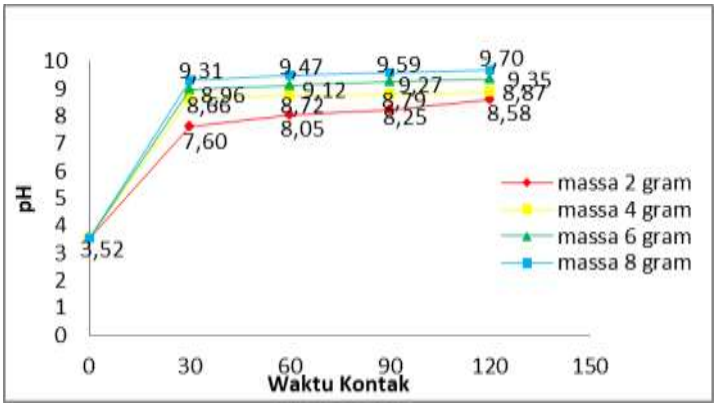
**Pengaruh Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Perubahan pH**

Nial pH merupakan salah satu tolak ukur dari air asam tambang, berdasarkan Peraturan Menteri LHK No. 05 tahun 2022 bahwa pH yang memenuhi standar baku mutu usaha/ industri pertambangan batubara adalah bernilai 6−9. Analisis nilai pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh massa dan waktu kontak karbon aktif tempurung kelapa terhadap peningkatan pH air asam tambang.Variasi massa adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 2 gram, 4 gram, 6 gram dan 8 gram. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

**Tabel 4 Pengaruh Perubahan pH**

| No. Sample | Massa Adsorben (gr) | Waktu Kontak (menit) | Nilai pH | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Awal | Akhir |
| 2/30 | 2 | 30 | 3,52 | 7,60 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2/60 | | 60 | 8,05 |
| 2/90 | | 90 | 8,25 |
| 2/120 | | 120 | 8,48 |
| 4/30 | 4 | 30 | 8,66 |
| 4/60 | | 60 | 8,72 |
| 4/90 | | 90 | 8,79 |
| 4/120 | | 120 | 8,87 |
| 6/30 | 6 | 30 | 8,96 |
| 6/60 | | 60 | 9,12 |
| 6/90 | | 90 | 9,27 |
| 6/120 | | 120 | 9,35 |
| 8/30 | 8 | 30 | 9,31 |
| 8/60 | | 60 | 9,47 |
| 8/90 | | 90 | 9,59 |
| 8/120 | | 120 | 9,70 |




**Gambar 3. Grafik Perubahan pH**.

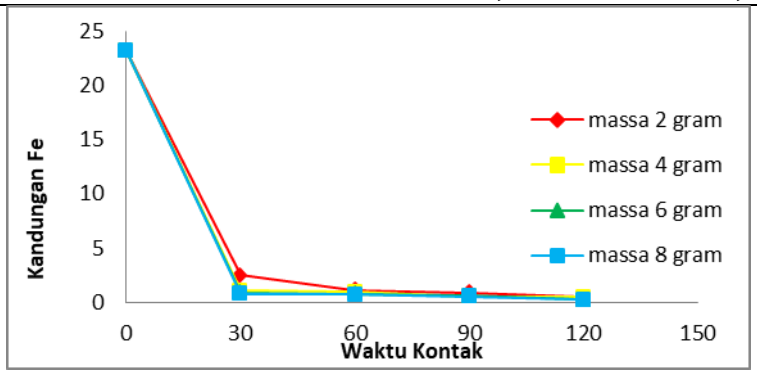
Dari tabel 3 diperoleh nilai pH tertinggi pada massa 8 gram dengan waktu kontak 120 menit yaitu dari 3,52 menjadi 9,70. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan semakin banyak massa adsorben yang digunakan dan semakin lama waktu kontak maka semakin besar nilai pH yang diperoleh.

**Pengaruh Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kandungan Besi (Fe)**

Besi (Fe) merupakan logam berat yang larut dalam air asam tambang, berdasarkan peraturan menteri LHK No.05 tahun 2022 mengatur tentang baku mutu air limbah pertambangan batubara termasuk didalamnya adalah kandungan besi (Fe) dengan kadar maksimum 7 Mg/L. Perubahan kadar besi dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut

**Tabel 5 Perubahan Nilai Kandungan Besi (Fe) di dalam Limbah Air Asam Tambang**

| Massa Adsorben (gr) | Waktu Kontak (menit) | Kadar Fe (Mg/L) awal | Kadar Fe (Mg/L) akhir | Efisiensi Removal (%) |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 30 | 23,18 | 2,48 | 89,30 |
| | 60 | | 1,09 | 95,30 |
| | 90 | | 0,84 | 96,38 |
| | 120 | | 0,46 | 98,02 |
| 4 | 30 | | 1,06 | 95,43 |
| | 60 | | 0,94 | 95,94 |
| | 90 | | 0,54 | 97,67 |
| | 120 | | 0,47 | 97,97 |
| 6 | 30 | | 0,88 | 96,20 |
| | 60 | | 0,76 | 96,72 |
| | 90 | | 0,56 | 97,58 |
| | 120 | | 0,23 | 99,01 |
| 8 | 30 | | 0,76 | 96,72 |
| | 60 | | 0,67 | 97,11 |
| | 90 | | 0,52 | 97,76 |
| | 120 | | 0,21 | 99,09 |




**Gambar 4. Grafik Perubahan Kadar Besi (Fe)**

Berdasarkan tabel 4. perubahan nilai kadar besi (Fe) kondisi awal sampel dengan nilai kadar besi 23,18 Mg/L, setelah di adsorpsi menjadi rata rata 0,78 Mg/L. Variasi massa adsorben dan waktu kontak karbon aktif tempurung kelapa sangat berpengaruh pada nilai kadar besi (Fe), dimana nilai paling rendah diperoleh pada perlakuan pemberian massa 8 gram dan waktu kontak 120 menit yaitu 0,21 Mg/L kondisi ini menunjukan penurunan sebesar 99,09%.

**Pengaruh Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kandungan Mangan (Mn)**

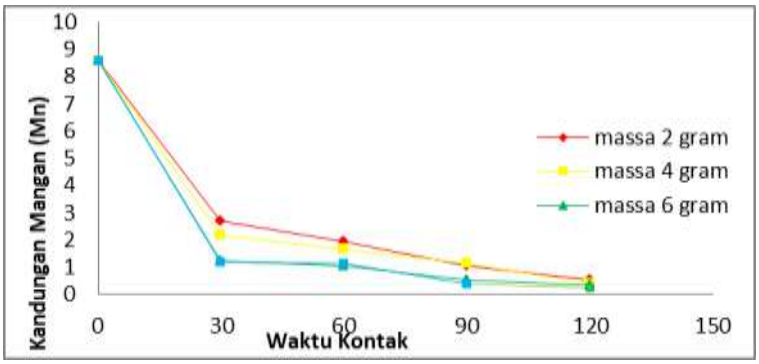
Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Logam berat ini seringkali ditemukan larut dalam air asam tambang batubara, berdasarkan peraturan menteri LHK No.05 tahun 2022 mengatur tentang baku mutu air

limbah pertambangan batubara termasuk didalamnya adalah kandungan mangan (Mn) dengan kadar maksimum 4 Mg/L.Hasil perubahan kadar mangan dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini

**Tabel 6 Perubahan Kadar Mangan (Mn) di dalam Limbah Air Asam Tambang**

| Massa Adsorben (gr) | Waktu Kontak (menit) | Kadar Mn (Mg/L) | | Efisiensi Removal (%) |
|---|---|---|---|---|
| | | Awal | akhir | |
| 2 | 30 | 8,60 | 2,72 | 68,37 |
| | 60 | | 1,94 | 77,44 |
| | 90 | | 1,03 | 88,02 |
| | 120 | | 0,51 | 94,07 |
| 4 | 30 | | 2,20 | 74,42 |
| | 60 | | 1,68 | 80,47 |
| | 90 | | 1,16 | 86,51 |
| | 120 | | 0,38 | 95,58 |
| 6 | 30 | | 1,23 | 85,70 |
| | 60 | | 1,05 | 87,79 |
| | 90 | | 0,51 | 94,07 |
| | 120 | | 0,34 | 96,05 |
| 8 | 30 | | 1,20 | 86,05 |
| | 60 | | 1,16 | 86,51 |
| | 90 | | 0,38 | 95,58 |
| | 120 | | 0,26 | 96,98 |

Dari data yang diperoleh kadar mangan (Mn) terendah yang diperoleh adalah 0,26 pada perlakuan penggunaan massa adsorben sebanyak 8 gram dengan lama waktu kontak 120 menit, penurunan mencapai 96,98% dari kadar awal 8,60 Mg/L.




**Gambar 5. Grafik Perubahan Kadar Mangan (Mn)**

**Analisis Isoterm Adsorpsi**

Isoterm adsorpsi merupakan proses adsorpsi yang menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan pada temperatur tetap. Terdapat 2 jenis isoterm adsorpsi yang digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi yaitu freundlich adsorpsi dan langmuir adsorpsi

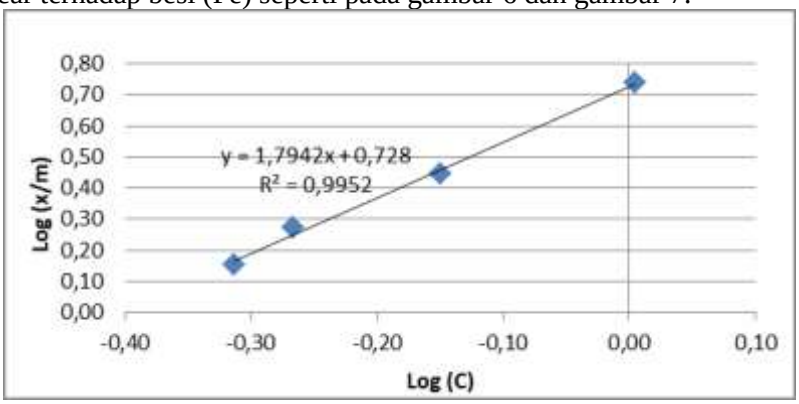
**Adsorpsi Logam Besi (Fe) dengan Persamaan Freundlich dan Langmuir Adsorpsi**

Proses penelitian ini diperoleh nilai kadar logam besi (Fe), dari data yang diperoleh digunakan untuk menentukan persamaan isoterm freundlich adsorpsi dan langmuir adsorpsi seperti tabel berikut.

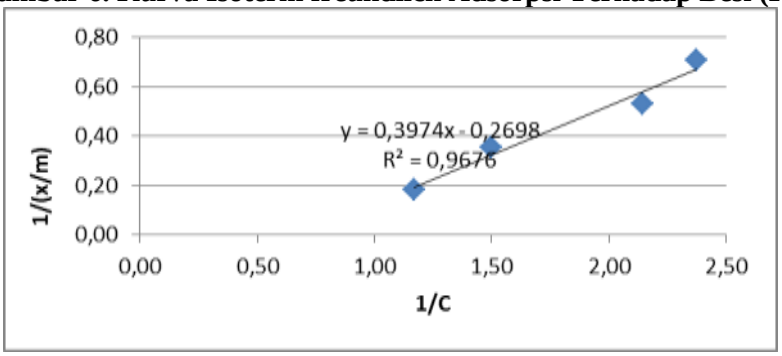
**Tabel 7 Analisis Isoterm Adsorpsi Logam Besi (Fe)**

| Massa (gr) | Waktu (Menit) | Fe (mg/L) | C Fe (mg/L) | x (mg) | x/m (mg/g) | Isoterm Freundlich | | Isoterm Langmuir | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Log/(x/m) | Log C | 1/(x/m) | 1/C |
| 2 | 30 | 23,18 | 2,48 | 10,35 | 5,18 | 0,71 | 0,39 | 0,19 | 0,40 |
| | 60 | 23,18 | 1,09 | 11,05 | 5,52 | 0,74 | 0,04 | 0,18 | 0,92 |
| | 90 | 23,18 | 0,84 | 11,17 | 5,59 | 0,75 | -0,08 | 0,18 | 1,19 |
| | 120 | 23,18 | 0,46 | 11,36 | 5,68 | 0,75 | -0,34 | 0,18 | 2,17 |
| 4 | 30 | 23,18 | 1,06 | 11,06 | 2,77 | 0,44 | 0,03 | 0,36 | 0,94 |
| | 60 | 23,18 | 0,94 | 11,12 | 2,78 | 0,44 | -0,03 | 0,36 | 1,06 |
| | 90 | 23,18 | 0,54 | 11,32 | 2,83 | 0,45 | -0,27 | 0,35 | 1,85 |
| | 120 | 23,18 | 0,47 | 11,36 | 2,84 | 0,45 | -0,33 | 0,35 | 2,13 |
| 6 | 30 | 23,18 | 0,88 | 11,15 | 1,86 | 0,27 | -0,06 | 0,54 | 1,14 |
| | 60 | 23,18 | 0,76 | 11,21 | 1,87 | 0,27 | -0,12 | 0,54 | 1,32 |
| | 90 | 23,18 | 0,56 | 11,31 | 1,89 | 0,28 | -0,25 | 0,53 | 1,79 |
| | 120 | 23,18 | 0,23 | 11,48 | 1,91 | 0,28 | -0,64 | 0,52 | 4,35 |
| 8 | 30 | 23,18 | 0,76 | 11,21 | 1,40 | 0,15 | -0,12 | 0,71 | 1,32 |
| | 60 | 23,18 | 0,67 | 11,26 | 1,41 | 0,15 | -0,17 | 0,71 | 1,49 |
| | 90 | 23,18 | 0,52 | 11,33 | 1,42 | 0,15 | -0,28 | 0,71 | 1,92 |
| | 120 | 23,18 | 0,21 | 11,49 | 1,44 | 0,16 | -0,68 | 0,70 | 4,76 |

Berdasarkan tabel diatas data isoterm freundlich dan isoterm langmuir yang akan diupload ke dalam grafik linier untuk memperoleh nilai regresi dan persamaannya yang nantinya akan digunakan untuk memperoleh nilai kapasitas adsorpsi karbon aktif. Grafik linear terhadap besi (Fe) seperti pada gambar 6 dan gambar 7.




**Gambar 6. Kurva Isoterm freundlich Adsorpsi Terhadap Besi (Fe)**




**Gambar 7. Kurva Isoterm Langmuir Adsorpsi Terhadap Besi (Fe)**

Dari grafik isoterm adsorpsi pada gambar 7 dan 6 menunjukan garis linier persamaan kesetimbangan adsorpsi terhadap kadar besi (Fe) dengan nilai regresi ($R^2$) hampir mendekati 1.

**Tabel 8 Hasil Perhitungan Persamaan Isoterm Adsorpsi Terhadap Kadar Besi (Fe)**

| Persamaan Freundlich | | Persamaan Langmuir | |
|---|---|---|---|
| Persamaan | y= 1,7942x + 0,728 | Persamaan | y= 0,3974x – 0,2698 |
| Slope (1/n) | 1,794 | Slope (1/a) | 0,397 |
| Intercept (Log K) | 0,728 | Intercept (Log K) | -0,270 |
| Regresi (R2) | 0,9952 | Regresi (R2) | 0,9676 |
| n | 0,557 | a | 2,516 |
| K | 5,346 | K | 0,537 |
| Persamaan Adsorpsi | $\frac{x}{m} = 5{,}346\ Ce^{\,1/0{,}557}$ | Persamaan Adsorpsi | $\frac{x}{m} = \frac{2{,}516 \times 0{,}537.C}{1 + 0{,}537.C}$ |

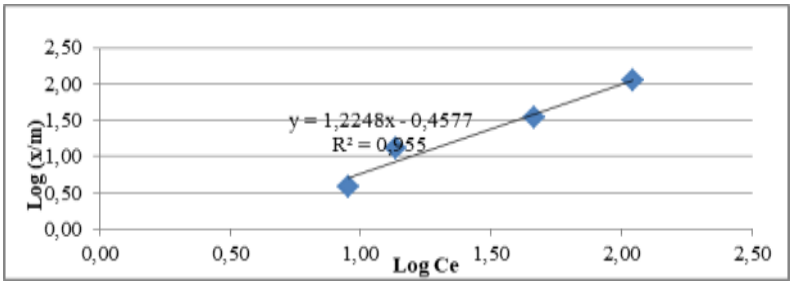
Adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa terhadap kadar besi (Fe) mengikuti persamaan isoterm freundlich adsorpsi, dikarenakan nilai koefisien regresi ($R^2$) yang diperoleh pada persamaan isoterm freundlich lebih besar dan mendekati 1 dibandingkan dengan isoterm langmuir adsorpsi.

**Adsorpsi Logam Mangan (Mn) dengan Persamaan Freundlich dan Langmuir Adsorpsi**

Proses penelitian ini diperoleh nilai kadar logam mangan (Mn), dari data yang diperoleh digunakan untuk menentukan persamaan isoterm freundlich adsorpsi dan langmuir adsorpsi seperti tabel berikut

**Tabel 9 Analisis Isoterm Adsorpsi Logam Mangan (Mn)**

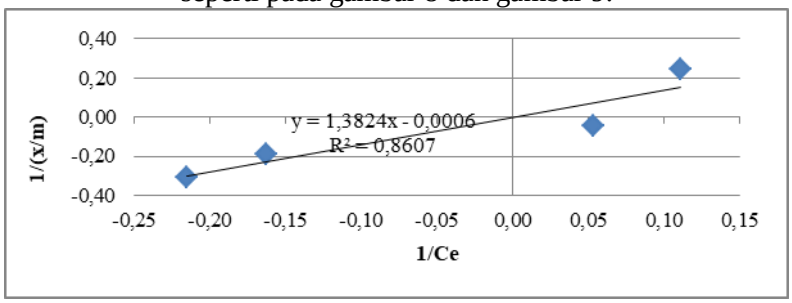
| Massa (gr) | Waktu (Menit) | Mn (mg/L) | C Mn (mg/L) | x (mg) | x/m (mg/g) | Isoterm Freundlich | | Isoterm Langmuir | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Ln/(x/m) | Ln C | 1/(x/m) | 1/C |
| 2 | 30 | 8,60 | 2,72 | 2,94 | 1,47 | 0,17 | 0,43 | 0,68 | 0,37 |
| | 60 | 8,60 | 1,94 | 3,33 | 1,67 | 0,22 | 0,29 | 0,60 | 0,52 |
| | 90 | 8,60 | 1,03 | 3,79 | 1,89 | 0,28 | 0,01 | 0,53 | 0,97 |
| | 120 | 8,60 | 0,51 | 4,05 | 2,02 | 0,31 | -0,29 | 0,49 | 1,96 |
| 4 | 30 | 8,60 | 2,20 | 3,20 | 0,80 | -0,10 | 0,34 | 1,25 | 0,45 |
| | 60 | 8,60 | 1,68 | 3,46 | 0,87 | -0,06 | 0,23 | 1,16 | 0,60 |
| | 90 | 8,60 | 1,16 | 3,72 | 0,93 | -0,03 | 0,06 | 1,08 | 0,86 |
| | 120 | 8,60 | 0,38 | 4,11 | 1,03 | 0,01 | -0,42 | 0,97 | 2,63 |
| 6 | 30 | 8,60 | 1,23 | 3,69 | 0,61 | -0,21 | 0,09 | 1,63 | 0,81 |
| | 60 | 8,60 | 1,05 | 3,78 | 0,63 | -0,20 | 0,02 | 1,59 | 0,95 |
| | 90 | 8,60 | 0,51 | 4,05 | 0,67 | -0,17 | -0,29 | 1,48 | 1,96 |
| | 120 | 8,60 | 0,34 | 4,13 | 0,69 | -0,16 | -0,47 | 1,45 | 2,94 |
| 8 | 30 | 8,60 | 1,20 | 3,70 | 0,46 | -0,33 | 0,08 | 2,16 | 0,83 |
| | 60 | 8,60 | 1,16 | 3,72 | 0,47 | -0,33 | 0,06 | 2,15 | 0,86 |
| | 90 | 8,60 | 0,38 | 4,11 | 0,51 | -0,29 | -0,42 | 1,95 | 2,63 |
| | 120 | 8,60 | 0,26 | 4,17 | 0,52 | -0,28 | -0,59 | 1,92 | 3,85 |




**Gambar 8. Kurva Isoterm freundlich Adsorpsi Terhadap Mangan (Mn)**

Data yang di peroleh pada tabel 8 kemudian diupload ke dalam grafik linier untuk memperoleh nilai regresi dan persamaannya yang nantinya akan digunakan untuk

memperoleh nilai kapasitas adsorpsi karbon aktif. Grafik Linear terhadap mangan (Mn) seperti pada gambar 8 dan gambar 9.




**Gambar 9. Kurva Isoterm freundlich Adsorpsi Terhadap Mangan (Mn)**

**Tabel 10 Hasil Perhitungan Persamaan Isoterm Adsorpsi Terhadap Kadar Mangan**

| Persamaan Freundlich | | Persamaan Langmuir | |
|---|---|---|---|
| Persamaan | y= 1,2248x – 0,4577 | Persamaan | y= 1,3824x – 0,0006 |
| Slope (1/n) | 1,225 | Slope (1/a) | 1,382 |
| Intercept (In K) | -0,458 | Intercept (In K) | -0,001 |
| Regresi (R2) | 0,955 | Regresi (R2) | 0,070 |
| n | 0,816 | a | 0,723 |
| K | 0,349 | K | 0,999 |
| Persamaan Adsorpsi | $\frac{x}{m} = 0{,}349\ Ce^{1/0{,}816}$ | Persamaan Adsorpsi | $\frac{x}{m} = \frac{0{,}723 \times 0{,}999.C}{1 + 0{,}999.C}$ |

Adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa terhadap kadar mangan (Mn) mengikuti persamaan isoterm freundlich adsorpsi, dikarenakan nilai koefisien regresi ($R^2$) yang diperoleh pada persamaan isoterm freundlich lebih besar dan mendekati 1 dibandingkan dengan isoterm langmuir adsorpsi.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa dosis karbon aktif tempurung kelapa dan waktu kontak berpengaruh signifikan terhadap nilai pH, kadar besi (Fe), dan mangan (Mn) dalam proses adsorpsi. Semakin banyak dosis adsorben yang digunakan, semakin tinggi nilai pH dan semakin rendah kadar besi (Fe) serta mangan (Mn), sementara semakin lama waktu kontak, semakin tinggi nilai pH dan semakin rendah kadar besi (Fe) serta mangan (Mn). Proses karbonasi dan aktivasi tempurung kelapa menghasilkan karbon aktif dengan efisiensi removal tertinggi terjadi pada penggunaan massa karbon aktif sebanyak 8 gram dengan waktu kontak 120 menit, di mana efisiensi removal untuk logam besi (Fe) mencapai 99,09% dan untuk logam mangan (Mn) mencapai 96,98%. Persamaan isoterm Freundlich dinilai paling tepat karena memiliki nilai regresi (R2) yang mendekati 1, menunjukkan kemampuannya dalam menggambarkan adsorpsi logam besi (Fe) dan mangan (Mn) secara efektif.

## Daptar Pustaka

Desiana, N., Ngatijo, & Lagowa, M. I. (2022). Pengelolaan air limbah tambang dengan metode bioadsorbsi menggunakan karbon aktif tempurung kelapa. Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara, 18(2), 97–103.

Ekawati, C. (2023). Alternatif Bahan Baku Arang Aktif . Renata Cipta Mandiri, Malang. ISBN: 978-623-543-178-9.

Kiswanto, K., Wintah, W., & Rahayu, N. L. (2020). Analisis Logam Berat (Mn, Fe , Cd), Sianida Dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batu Bara. Jurnal Litbang Kota Pekalongan, 18(1).

Luthfi Hidayat. (2017). Pengolahan Lingkungan Areal Tambaang Batubara, Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainase) di PT. Bhumi Rantau Energi Kab. Tapin, Kalimantan Selatan. Jurnal Adhum, VII(1), 44–52. ISSN: 2088-4486

PerMen LHK Nomor 5 (2022). Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha/Kegiatan Penambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basa Buatan.Lampiran II.

PP Nomor 22 (2021). Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup. Lampiran VI.

Rengga, W. D. P. (2020). Karbon Aktif: Perpanjangan Masa Pakai Minyak Goreng. Deepublish Publisher, Yogyakarta. ISBN: 978-623-021-837-8.

Saptati, D., & Himma, F. N. (2017). Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri. Universitas Brawijaya Press, Malang. ISBN: 978- 602-432-417-9.

SNI Nomor 06-3730-1995. Arang Aktif Teknis.