

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Lindi

1. Definisi Air Lindi

Lindi adalah cairan yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut, termasuk materi organik hasil proses dekomposisi secara biologi.²³

2. Karakteristik Air Lindi

Air lindi merupakan cairan yang bersifat toksik dengan kandungan organiknya yang tinggi dan juga unsur logam.² Terdapatnya kandungan yang berbahaya tersebut, air lindi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan seperti pada tanah, air tanah dan air sungai di sekitar TPA.^{6,7,8} Karakteristik air lindi ditentukan oleh beberapa parameter yaitu *Total Dissolved Solid* (TDS), konduktivitas listrik, pH, suhu, COD, BOD dan kandungan logam berat.³ Logam pada air lindi meliputi Besi (Fe), Nikel (Ni), Seng (Zn), Cobalt (Co), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Krom (Cr), Merkuri (Hg), serta Kadmium (Cd).⁴

Karakteristik air lindi dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut ini:

Tabel 2.1. Karakteristik Air Lindi^{24,3}

Parameter	Nilai		Satuan
	A	B	
Suhu	28,7	30,2	°C
pH	8,5	7,4	-
BOD	1600	-	mg/L
COD	4000	-	mg/L
Kekeruhan	300,0	-	NTU
TSS	522,0	-	mg/L
TDS	-	1893,3	mg/L
Pb	-	1,309	mg/L
Cu	-	1,083	mg/L
Fe	-	2,549	mg/L

Keterangan :

a = Penelitian yang dilakukan oleh Arya di TPA Jatibarang Semarang pada tahun 2016

b = Penelitian yang dilakukan oleh Afdal di TPA Air Dingin Kota Padang pada tahun 2016

3. Baku Mutu Air Lindi

Air lindi yang akan di keluarkan ke badan air harus sesuai dengan standar baku mutu. Baku mutu lindi adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam lindi yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari kegiatan TPA.²³ Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, seperti pada tabel 2.2.berikut ini :

Tabel 2.2. Baku Mutu Air Lindi²³

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	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
Kadmium	0,1	mg/L

Nilai ambang batas (NAB) logam besi (Fe) berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 Lampiran IX tentang Baku Mutu Air Limbah Untuk Usaha dan/atau Kegiatan yang Belum Ditetapkan Baku Mutunya adalah 5 mg/L.¹⁹

B. Logam Besi (Fe)

1. Definisi Besi

Besi merupakan unsur kimia dengan simbol Fe yang berasal dari bahasa latin yaitu *ferrum*, dengan nomor atom 26. Dalam sistem periodik unsur, besi termasuk logam transisi golongan VIII B, berat relatif 55,847 g/mol, konfigurasi elektron [Ar] 3d⁶4s², berwarna keperakan dan dapat ditempa. Besi berada pada rentang tingkat oksidasi yang lebar, -2 hingga +6.²⁵

2. Sifat Besi

Semua unsur mempunyai sifat fisik dan kimia, termasuk juga besi. Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe) dapat dilihat pada tabel 2.3. berikut ini:

Tabel 2.3. Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe)²⁵

Sifat fisik dan sifat kimia	Keterangan
Lambang	Fe
Nomor atom	26
Golongan, Periode	golongan 8, periode 4
Penampilan	Metalik mengkilap keabu-abuan
Massa atom	55,854 (2) g/mol
Konfigurasi elektron fase	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Fasa	Padat
Massa jenis	7,86 g/cm ³
Titik lebur	1811 °K (1538 °C, 2800 °F)
Titik didih	3134 °K (2861 °C, 5182 °F)
Isotop	8
Kepadatan	7,8 g/cm ³ pada 20 °C
Energi ionisasi pertama	761 kJ/mol
Energi ionisasi kedua	1556,5 kJ/mol
Energi ionisasi ketiga	2951 kJ/mol
Kapasitas kalor	(25 °C) 25,10 J/ (mol.K)

3. Dampak Besi

Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe²⁺) atau kation ferri (Fe³⁺)²⁵. Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, konsentrasi maksimal besi yang diperbolehkan dalam suatu perairan yaitu 0,3 mg/L.²⁶

Kadar besi pada perairan yang melebihi nilai ambang batas dapat menyebabkan air mempunyai kekeruhan (zat tersuspensi) yang besar, dapat dilihat dari warna air yang kecoklatan dan berbau.¹¹ Logam Fe dengan konsentrasi yang tinggi pada lingkungan perairan dapat berdampak pada populasi biota di perairan tersebut, seperti kerang dan ikan belanak. Dengan demikian, kandungan Fe pada kerang dan ikan belanak telah melampaui ambang batas, menyebabkan kerang dan ikan belanak tidak layak untuk dikonsumsi.^{27,28}

Selain itu besi dalam jumlah yang berlebihan juga dapat berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat, seperti mudah lelah, mual, muntah, nyeri pada perut, diare, sembelit dan nafsu makan berkurang serta sakit kepala.^{12,28} Tingginya konsentrasi besi pada perairan disebabkan adanya kegiatan pertambangan pasir besi, keberadaan industri kimia, industri pencelupan, industri tekstil, industri penyulingan minyak, dan lain-lain.²⁷ Logam besi dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme. Dalam tubuh, unsur ini berikatan dengan Hb darah untuk membentuk hemoglobin yang berfungsi dalam pengikatan oksigen (O_2) dalam darah.²⁹

C. Adsorpsi

1. Definisi Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa penyerapan suatu molekul-molekul gas, pelarut atau zat terlarut pada permukaan zat padat. Pada proses adsorpsi terjadi gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan penyerapnya. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan zat padat.^{13,30}

2. Proses Adsorpsi

Adsorpsi diklasifikasikan menjadi dua proses, yaitu sebagai berikut :

a. Adsorpsi fisik

Gaya Van der Waals merupakan gaya yang terjadi pada adsorpsi fisik yaitu gaya tarik menarik antar molekul. Adsorpsi fisik terjadi tanpa

adanya reaksi kimia antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Akan tetapi, pada adsorpsi fisik molekul adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben memiliki ikatan yang lemah, sehingga adsorbat dapat secara bebas bergerak untuk menutupi permukaan adsorben. Molekul gas yang teradsorpsi pada adsorpsi fisik mengalami kondensasi. Energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kkal / mol.^{31,32}

b. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi ketika adanya reaksi kimia di permukaan padatan antara senyawa terlarut dalam larutan dengan permukaan adsorben. Umumnya terjadi pada suhu tinggi. Adanya ikatan kimia menyebabkan molekul yang teradsorpsi akan melekat pada lokasi tertentu sehingga membentuk satu lapisan tunggal (*monolayer*). Adsorbat tidak dapat bergerak di permukaan adsorben secara bebas. Adsorpsi kimia biasanya bersifat *irreversible* atau tidak dapat kembali.^{31,32}

Secara garis besar proses adsorpsi logam besi (Fe) oleh adsorben ampas tahu adalah moleku-molekul besi terlarut pada air lindi akan terserap oleh protein dan serat yang terkandung dalam adsorben, dimana protein dan serat berperan sebagai sumber gugus fungsi dalam mengikat ion logam. Dengan demikian, polutan logam besi (Fe) yang terdapat pada air lindi dapat terserap oleh adsorben dengan membentuk suatu lapisan yang menutupi permukaan adsorben. Hal ini menyebabkan kadar logam besi (Fe) pada air lindi mengalami penurunan.¹⁵

3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

a. Berat adsorben

Semakin banyak adsorben yang ditambahkan pada proses adsorpsi, maka polutan yang terserap oleh adsorben semakin banyak. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya berat adsorben maka jumlah partikel untuk menyerap adsorbat semakin banyak, sehingga kadar besi (Fe) mengalami penurunan.³³ Berdasarkan penelitian yang telah

dilakukan dalam penurunan kadar logam besi (Fe) menggunakan beberapa adsorben seperti adsorben ampas tahu, arang aktif sabut kelapa, tempurung kelapa sawit, tongkol jagung, cangkang buah karet, dan limbah ampas tebu, kondisi optimum dalam proses adsorpsi logam besi (Fe) adalah sebanyak 1-2 gram.^{15,34-38}

b. Waktu kontak

Semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka semakin besar pula polutan yang diserap oleh adsorben. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu adsorpsi, frekuensi singgung antara polutan dan adsorben semakin besar pula, sehingga terjadi penurunan kadar logam besi (Fe).³⁹ Penelitian di Kota Kendari menyebutkan bahwa waktu kontak optimal dalam proses adsorpsi logam Fe dengan adsorben ampas tahu adalah 150 menit.¹⁵

c. Kecepatan pengadukan

Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula. Akan tetapi, semakin cepat pengadukan, daya serap adsorbat oleh adsorben juga menjadi lebih kecil, sehingga penurunan kadar logam besi (Fe) kurang optimal. Hal ini disebabkan karena partikel adsorbat yang terserap oleh adsorben terlepas kembali akibat ikatan yang kurang stabil antara adsorbat yang telah terserap dengan adsorben.¹⁷ Berdasarkan penelitian pada limbah fixer yang mengandung logam besi (Fe), kecepatan pengadukan paling optimum dalam adsorpsi logam besi (Fe) oleh arang aktif yaitu 90 rpm.¹⁶

d. Waktu pengadukan

Semakin lama waktu aduk, kapasitas adsorpsi oleh adsorben semakin meningkat, karena adanya waktu aduk yang lama menyebabkan kontak antara adsorben dengan adsorbat semakin lama, sehingga banyak adsorbat yang terserap oleh adsorben.¹⁶ Berdasarkan penelitian pada limbah fixer dan limbah sintetik Fe, waktu pengadukan yang optimum dalam adsorpsi logam besi (Fe) oleh arang aktif dan adsorben cangkang telur adalah 60 menit.^{16,18}

e. Ukuran partikel

Ukuran partikel juga menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena semakin besar ukuran mesh partikel, maka semakin kecil ukuran diameter adsorben, sehingga polutan yang teradsorpsi semakin banyak, karena luas permukaan kontak antara adsorben dan adsorbat semakin besar, sehingga kadar logam besi (Fe) mengalami penurunan.^{17,18,30}

f. Suhu

Naik dan turunnya efisiensi adsorpsi dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu, maka akan memperbesar penyerapan polutan oleh adsorben. Kemampuan adsorpsi oleh adsorben pada waktu pengadukan 15 menit dengan proses pemanasan hampir sama dengan kemampuan adsorpsi pada waktu pengadukan 30 menit tanpa proses pemanasan.¹⁶ Akan tetapi, penelitian lain menyebutkan bahwa seiring bertambahnya kenaikan suhu, maka efisiensi adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena dengan kenaikan suhu pergerakan ion logam semakin cepat sehingga jumlah polutan yang terserap oleh adsorben semakin berkurang. Suhu optimal dalam proses adsorpsi logam besi (Fe) adalah tidak lebih dari 30°C.³⁹

D. Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan limbah yang dihasilkan dari industri produksi tahu, sehingga ampas tahu merupakan bahan yang dapat diperoleh dengan mudah. Meskipun sebagai limbah, ampas tahu mempunyai beberapa manfaat yaitu sebagai makanan ternak, kompos dan bahkan ampas tahu dapat digunakan untuk bahan pembuatan beberapa olahan pangan, seperti lumpia tahu, nugget, kerupuk dan kue kering.^{14,40,41} Ampas tahu dipilih sebagai adsorben karena ampas tahu mengandung protein dan serat, sehingga logam yang bersifat toksik dapat diserap oleh ampas tahu.¹⁵

Karakteristik dari ampas tahu kering dapat dilihat pada tabel 2.4. berikut ini:

Tabel 2.4. Karakteristik Ampas Tahu Kering^{42,14}

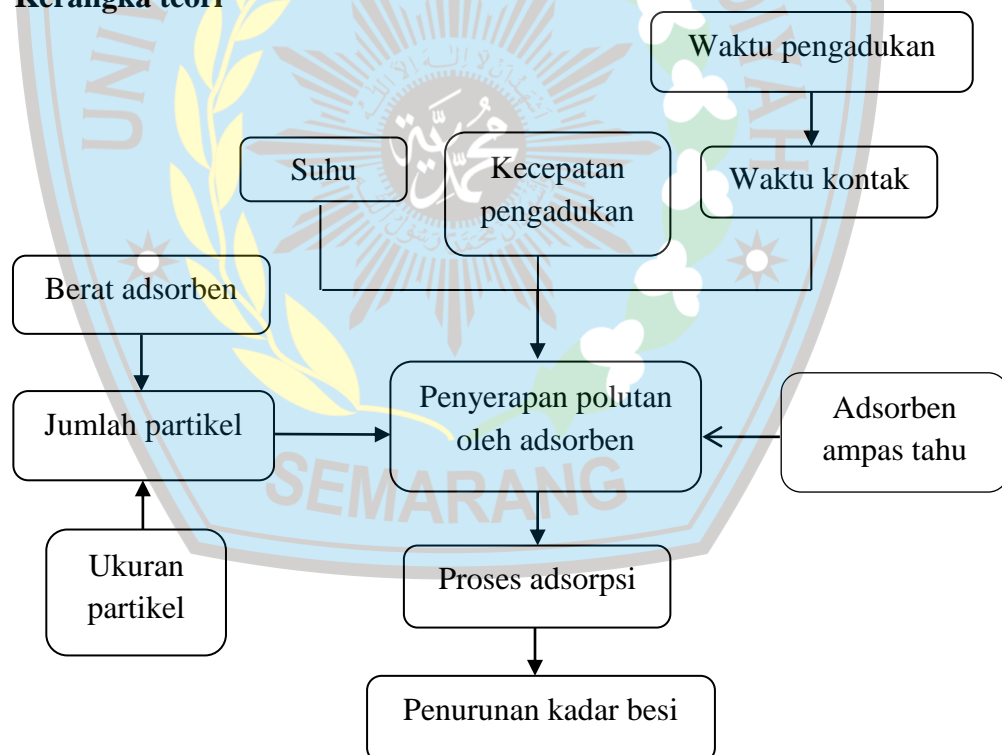
Zat Gizi	Nilai (%)	
	A	B
Bahan kering	87,75	87,74
Protein	18,66	19,45
Serat kasar	20,19	21,67
Lemak	6,91	6,55
Abu	3,48	4,83

Keterangan :

a = Penelitian yang dilakukan oleh Sri Wahyuni pada tahun 2003

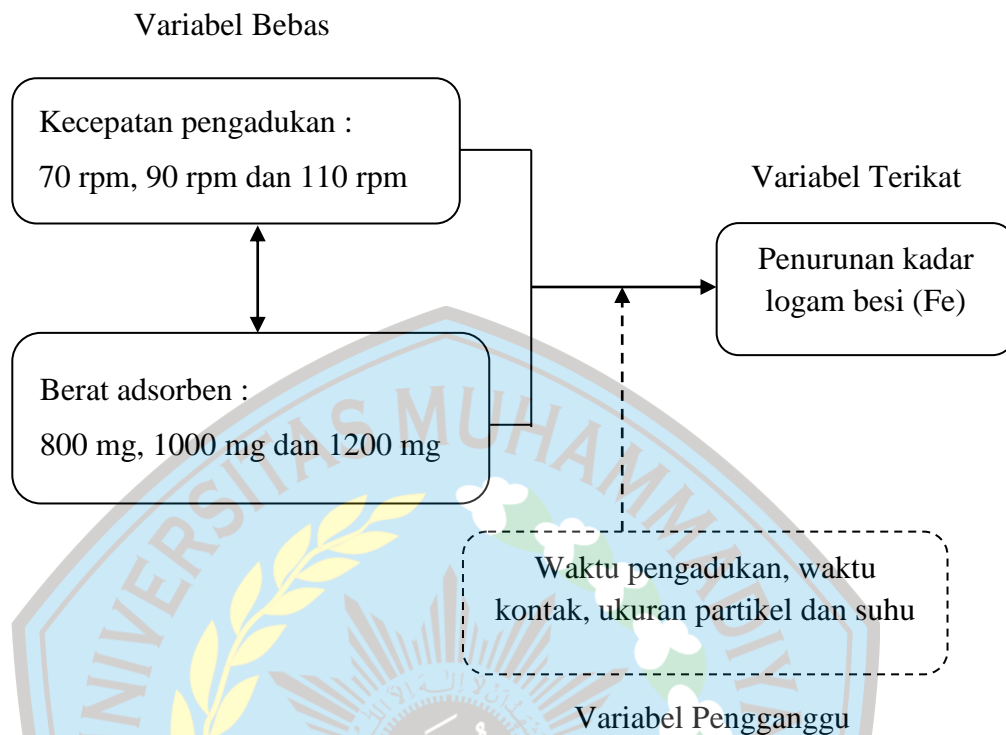
b = Penelitian yang dilakukan oleh S. Bulu pada tahun 2004

E. Kerangka teori



Gambar 2.1. Kerangka Teori^{15-18,33,34,39}

F. Kerangka Konsep



Gambar 2.2. Kerangka Konsep

Keterangan :

- Waktu pengadukan, waktu kontak dan ukuran partikel dikendalikan
- Suhu dilakukan pengukuran

G. Hipotesis

1. Ada pengaruh kecepatan pengadukan (70 rpm, 90rpm dan 110 rpm) terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) pada air lindi.
2. Ada pengaruh berat adsorben (800 mg, 1000 mg dan 1200 mg) terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) pada air lindi.
3. Ada pengaruh interaksi antara kecepatan pengadukan dengan berat adsorben terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) pada air lindi.