

**ANALISA DAYA ADSORBSI LOGAM BERAT Fe^{2+} (BESI) DENGAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF BATUBARA**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

NADA PAMUNGKAS SARI

NIM. 105080101111051



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

**ANALISA DAYA ADSORBSI LOGAM BERAT Fe^{2+} (BESI) DENGAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF BATUBARA**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

NADA PAMUNGKAS SARI

NIM. 105080101111051



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

SKRIPSI

ANALISA DAYA ADSORBSI LOGAM BERAT Fe^{2+} (BESI) DENGAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF BATUBARA

Oleh:

NADA PAMUNGKAS SARI
NIM. 105080101111051

telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 21 November 2014

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No. :

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)

NIP : 19600317 198602 1 001

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Herwati Umi S., MS)

NIP : 19520402 198003 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Ir. Putut Widjanarko, MP)

NIP: 19540101 198303 1 006

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

8603 2 001

Tanggal :

RINGKASAN

Nada Pamungkas Sari. Skripsi tentang **Analisa Daya Adsorpsi Logam Berat Fe²⁺ (Besi) dengan Menggunakan Karbon Aktif Batubara** (di bawah bimbingan Ir.Herwati Umi Subarijanti, MS dan Ir. Putut Widjanarko, MP)

Pencemaran perairan sering kali disebabkan oleh komponen-komponen anorganik dan organik, diantaranya berbagai logam berat berbahaya seperti Besi (Fe) yang bersifat merusak tubuh organisme karena bersifat racun. Salah satu cara menurunkan nilai kandungan besi dalam air sungai dapat melalui adsorpsi menggunakan karbon aktif, seperti batubara, lignite dan kayu.

Masyarakat sekitar sungai Ndali Desa Sukorejo Kecamatan Sudimoro Kabupaten Pacitan menggunakan air sungai untuk keperluan pertanian, perikanan dan keperluan rumah tangga, sehingga perlu adanya usaha untuk meminimalisir konsentrasi besi dalam air sungai Ndali sebelum dimanfaatkan oleh masyarakat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kemampuan serta efisiensi adsorpsi karbon aktif batubara terhadap logam berat Fe²⁺ di perairan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2014 di laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Pembenihan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian dilakukan selama lima hari sebanyak tujuh perlakuan yang diberi batubara dengan bobot adsorben yang berbeda (0-15 gr), setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 2 kali. Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu penelitian pendahulu dengan mengukur kadar logam berat awal dari air dan penelitian utamadengan mengukur kadar logam berat Fe di air setelah diberi perlakuan batubara. Penelitian ini digunakan jenis analisa regresi yang bertujuan untuk mendeteksi sejauh mana variasi pada suatu variable berkaitan dengan variasi pada satu atau lebih variabel lain berdasarkan koefisien korelasi.

Pada proses adsorpsi jumlah zat yang dapat diserap oleh adsorben mempunyai perbandingan tertentu tergantung pada sifat zat yang diserap, jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Semakin besar konsentrasi larutan, semakin banyak jumlah zat terlarut yang dapat diadsorpsi. Hasil analisa dengan menggunakan isotherm Langmuir yang dinyatakan dengan persamaan $y = a + bx$, dengan nilai kapasitas adsorpsi karbon aktif batubara sebesar 0,26 mg/gram.

Hasil persamaan garis regresi bobot adsorben (sumbu x) dengan residu besi (sumbu y), menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot adsorben (sumbu x) maka semakin sedikit residu besi pada sampel (sumbu y). Hal ini dikarenakan semakin banyak bobot adsorben yang digunakan maka semakin banyak pula Fe yang terjerap pada permukaan adsorben sehingga residu Fe pada sampel semakin sedikit.

Hasil persamaan garis regresi bobot adsorben (sumbu x) dengan besi teradsorpsi (sumbu y), semakin banyak bobot adsorben maka besi yang teradsorpsi juga semakin tinggi. Dimana besi terjerap paling banyak pada bobot adsorben 15 gram dengan besi teradsorpsi sebesar 2,33 mg/l. Analisa efisiensi adsorpsi digunakan untuk mencari presentase efisiensinyadengan menggunakan rumus efisiensi. Hasil penelitian dengan nilai efisiensi tertinggi pada bobot 15 gram dengan efisiensi sebesar 72,43 %, dimana efisiensi adsorpsi semakin tinggi diikuti dengan menurunnya nilai kapasitas adsorpsi.Hal ini dapat disimpulkan bahwa batubara memiliki daya serap yang baik terhadap logam besi. Hasil parameter kualitas air yaitu suhu $23,2^{\circ}\text{C} - 24,6^{\circ}\text{C}$; pH $7,79-8,19$; DO $5,94 - 8,55$ mg/l dan TOM $59,03$ mg/l – $44,86$ mg/l.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Penurunan kadar Fe terbesar pada bobot 15 gram dengan besi teradsorpsi sebesar 2,33 mg/l dan residu besi sebesar 0,89 mg/l, Kapasitas adsorpsi 1 gram karbon aktif batubara mampu menyerap logam berat Besi (Fe) sebesar 0,26 mg/l dan efisiensi adsorpsi karbon aktif batubara pada bobot 15 gram sebesar 72,43 % hal ini berarti batubara dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk logam berat Fe.

Disarankan bahwa untuk menghilangkan residu besi dapat menggunakan karbon aktif batubara 15 gram, dan disarankan untuk adanya penelitian lebih lanjut menggunakan bobot adsorben yang lebih besar untuk menghilangkan kadar besi yang tinggi.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul “Analisa Daya Adsorpsi Logam Berat Fe^{2+} (Besi) Dengan Menggunakan Karbon Aktif Batubara”. Di dalam tulisan ini disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi adsorpsi, batubara dan besi.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Malang, November 2014

Penulis

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, November 2014

Penulis



UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tidak lupa penulis persembahkan kepada pihak-pihak yang telah ikut serta dalam penyelesaian Laporan Skripsi ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya sehingga penyusunan laporan skripsi ini di beri kelancaran.
2. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya sebagai tempat penulis menempuh pendidikan jenjang S1 (Strata 1).
3. Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS dan Ir. PututWidjanarko, MP sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan baik dalam penulisan laporan maupun dalam moral sehingga penulis dapat menjadikannya inspirasi untuk menjadi individu yang terpelajar dan bermoral.
4. Kedua orang tua yang senantiasa mendo'akan serta memberikan dukungan baik berupa moral maupun materi.
5. Mas Wahyu yang selalu memberikan dukungan serta semangatnya tiada henti.
6. Pak Udin yang telah membantupelaksanaan penelitian di Laboratorium.
7. Oktarina Endrastuti, Danita Febri, Habiba Suryaningrum, Bayu Dwi, dan Risma Nora sebagai teman-teman yang membantu dan senantiasa memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman MSP 2010 sebagai teman seperjuangan selama perkuliahan yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat penulis dalam menyelesaikan laporan ini.

Malang, November 2014

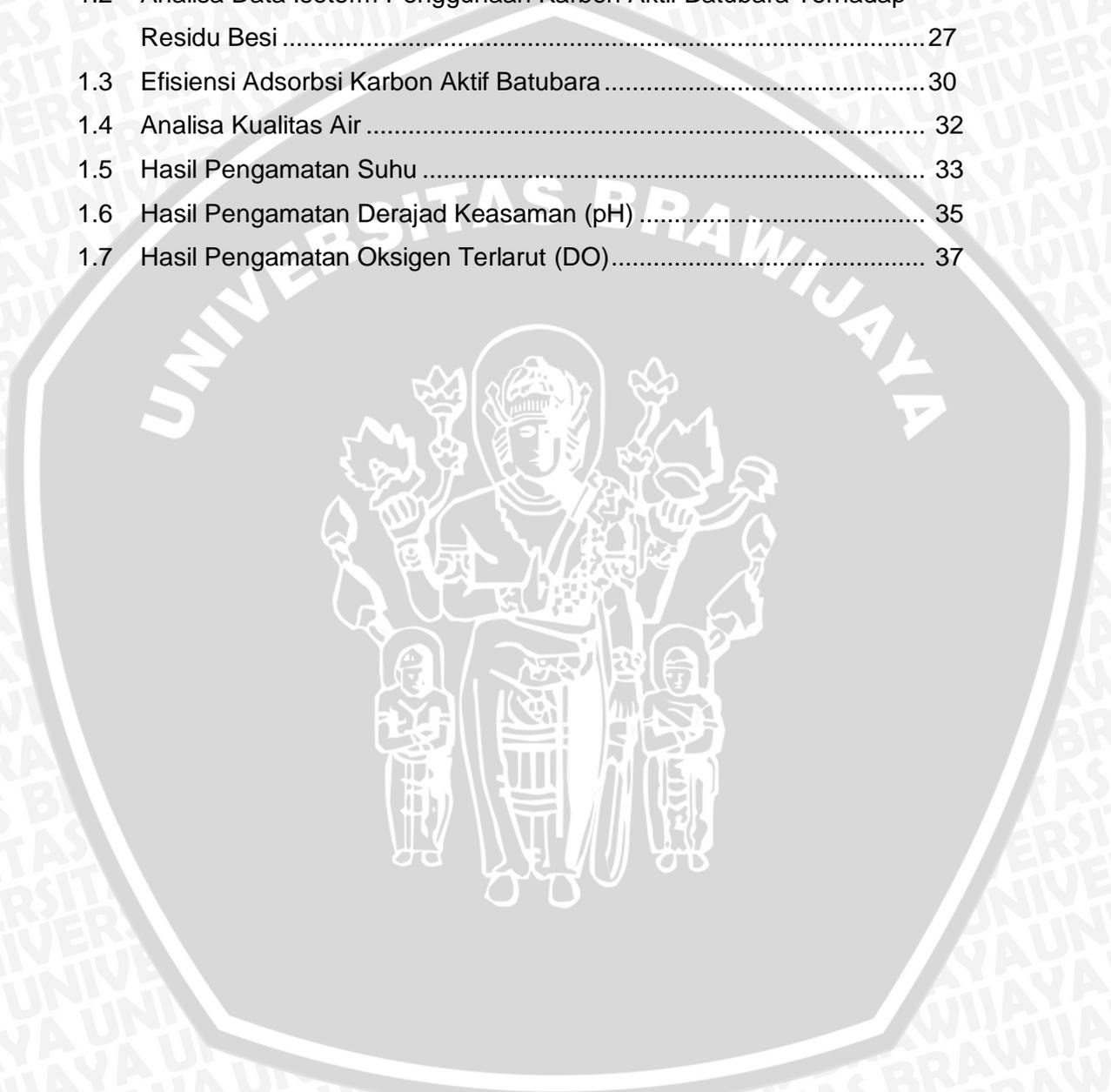
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	3
1.4 Kegunaan	4
1.5 Waktu dan Tempat / Jadwal Pelaksanaan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Besi (Fe).....	5
2.1.1 Definisi Besi (Fe).....	5
2.1.2 Sifat-Sifat Besi (Fe)	6
2.1.3 Bentuk-Bentuk dan Sumber Besi (Fe) di Perairan	6
2.1.4 Pengaruh Besi (Fe) di Perairan	8
2.2 Proses Penghilangan Besi.....	9
2.2.1 Adsorpsi	10
2.2.2 Adsorben Batubara	12
2.3 Karbon Aktif.....	13
2.3.1 Proses Aktivasi Karbon.....	13
2.4 Parameter Kualitas Air Pendukung	14
2.4.1 Suhu	14
2.4.2 Derajat Keasaman (pH)	15
2.4.3 Oksigen Terlarut (DO).....	15
2.4.4 Total Bahan Organik (TOM)	16

3.	MATERI DAN METODE PENELITIAN	17
3.1	Materi Penelitian	17
3.2	Alat dan Bahan.....	17
3.3	Metode Penelitian	17
3.4	Prosedur Penelitian.....	19
	4.2.1 Penelitian Pendahuluan	19
	4.2.2 Penelitian Utama.....	20
3.5	Analisis Logam Berat Besi (Fe)	20
3.6	Analisa Parameter Kualitas Air	21
	3.4.1 Suhu	21
	3.4.2 Derajat Keasaman (pH)	21
	3.4.3 Oksigen Terlarut (DO).....	22
	3.4.4 Total Bahan Organik (TOM)	22
3.7	Analisa Besi (Fe).....	23
3.8	Analisa Data	23
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Analisa Kapasitas Adsorpsi Batubara Terhadap Besi (Fe) dengan Menggunakan Metode Isoterm Langmuir (Fe)	26
	4.1.1 Hubungan Bobot Adsorben dengan Residu Besi.....	28
	4.1.2 Hubungan Bobot Adsorben dengan Besi Teradsorpsi.....	29
4.2	Hasil Analisa Efisiensi Adsorpsi.....	30
4.3	Hasil Analisa Kualitas Air	31
	4.3.1 Suhu	33
	4.3.2 Derajat Keasaman (pH)	34
	4.3.3 Oksigen Terlarut (DO).....	36
	4.3.4 Total Bahan Organik (TOM)	37
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	39
	DAFTAR PUSTAKA	40
	LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	17
1.2 Analisa Data Isoterm Penggunaan Karbon Aktif Batubara Terhadap Residu Besi	27
1.3 Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Batubara	30
1.4 Analisa Kualitas Air	32
1.5 Hasil Pengamatan Suhu	33
1.6 Hasil Pengamatan Derajat Keasaman (pH)	35
1.7 Hasil Pengamatan Oksigen Terlarut (DO).....	37



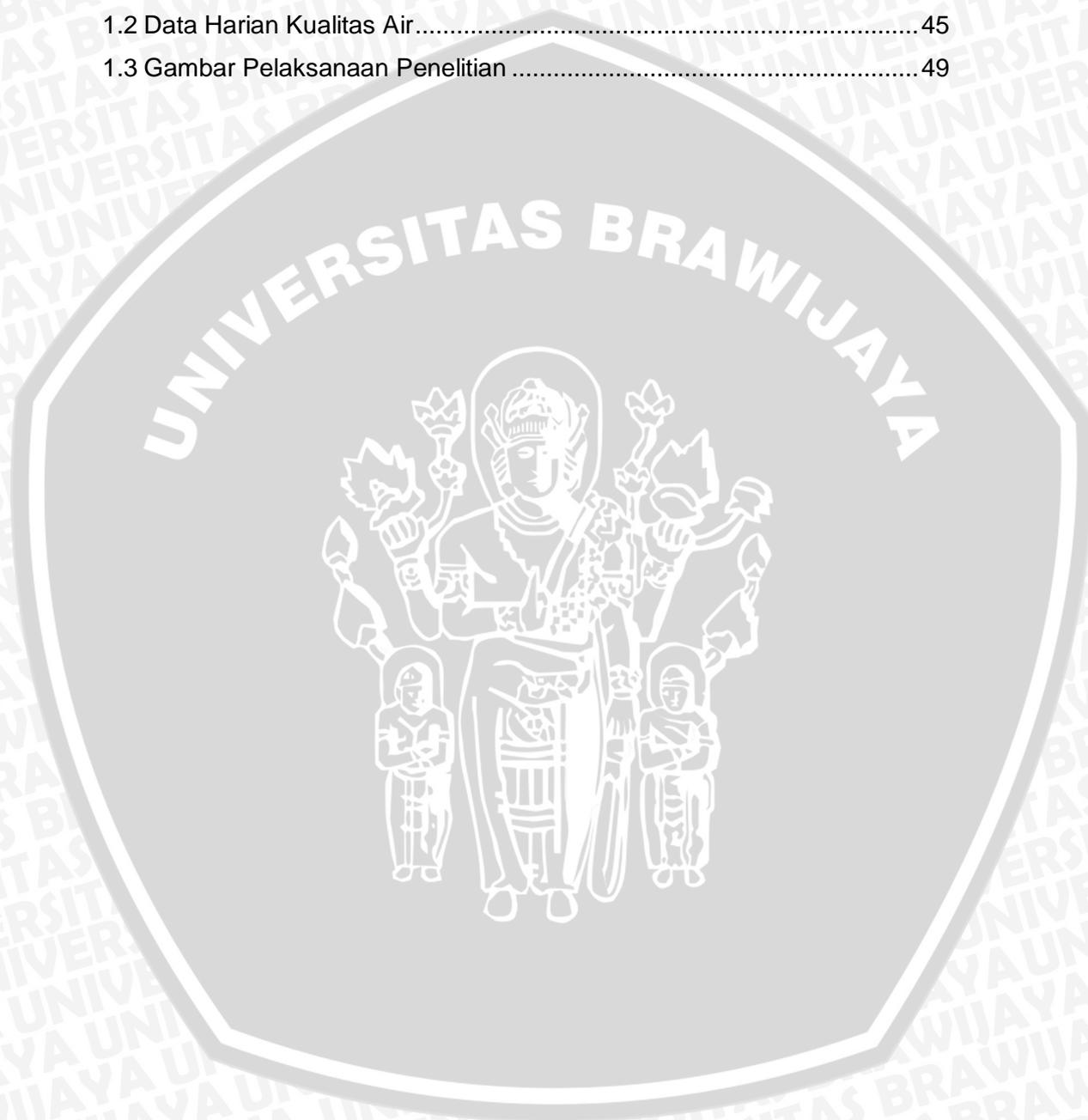
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Skema Bentuk Besi dalam Air	7
1.2 Skema Penelitian	19
1.3 Grafik Hubungan Bobot Adsorben dengan Residu Besi.....	28
1.4 Grafik Hubungan Bobot Adsorben dengan Besi Teradsorpsi.....	29
1.5 Grafik Suhu	34
1.6 Grafik Derajat Keasaman (pH)	35
1.7 Grafik Oksigen Terlarut (DO).....	36
1.8 Grafik Total Bahan Organik (TOM).....	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.1 Analisa Data Regresi Adsorpsi Batubara.....	44
1.2 Data Harian Kualitas Air.....	45
1.3 Gambar Pelaksanaan Penelitian.....	49



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat penting bagi makhluk hidup untuk kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu sumberdaya perairan harus selalu dijaga kualitas serta kuantitasnya dari pencemaran lingkungan. Pencemaran perairan sering kali disebabkan oleh komponen-komponen anorganik dan organik yang berasal dari kegiatan manusia seperti industri dan buangan domestik, diantaranya berbagai logam berat berbahaya seperti Besi (Fe).

Beberapa logam berat banyak digunakan secara rutin dalam berbagai keperluan industri. Penggunaan logam-logam berat tersebut langsung maupun tidak langsung telah mencemari lingkungan melebihi batas yang berbahaya jika ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam lingkungan, karena logam tersebut mempunyai sifat merusak tubuh makhluk hidup. Logam-logam tersebut dapat mengumpul dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi (Fajar, *et al.*, 2013).

Besi adalah salah satu unsur-unsur penting dalam air permukaan air tanah. Perairan yang mengandung besi tidak baik untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, dan alat-alat lainnya, serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum dengan konsentrasi diatas $\pm 0,31$ mg/l (Achmad, 2004).

Berdasarkan uji pendahuluan peneliti didapatkan hasil bahwa sungai Ndali yang terletak di Desa Sukorejo Kecamatan Sudimoro Kabupaten Pacitan telah tercemar oleh logam berat Fe, yang mana sudah melewati konsentrasi aman yaitu sebesar 3,6512ppm, sedangkan batas yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan R.I Nomor: 416/MENKES/PER/IX/90

tentang baku mutu air bersih, kadar besi (Fe) yang diizinkan untuk air sumur adalah kurang dari 1,0 mg/l dan untuk air minum kurang dari 0,3 mg/l.

Masyarakat sekitar sungai Ndali Desa Sukorejo Kecamatan Sudimoro Kabupaten Pacitan biasanya menggunakan air sungai tersebut untuk keperluan pertanian, perikanan dan keperluan rumah tangga, sehingga sebelum digunakan untuk keperluan manusia perlu adanya usaha untuk meminimalisir konsentrasi besi dalam air sungai Ndali tersebut. Salah satu cara menurunkan nilai kandungan besi dalam air sungai dapat melalui adsorpsi menggunakan karbon aktif. Karbon aktif biasanya diproduksi dari bahan yang kaya karbon, seperti batubara, lignit dan kayu. (Sumathi *et al.*, 2007).

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa di capai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m²/gram (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaan nyasaja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri sehingga kemampuan menyerap sejumlah pengotor dalam air (Idrus *et al.*, 2013).

Karbon aktif bisa dibuat dari tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, serbuk gergaji dan batubara. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya

selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Sembiring, 2003).

Bahan penyerap yang sering atau populer digunakan adalah karbon aktif yang bahan bakunya berasal dari batubara (Smisek dan Cerny, 1970). Indonesia mempunyai potensi batubara yang cukup besar dan tersebar hampir di seluruh Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengembangkan penggunaan karbon aktif yang terbuat dari batubara sebagai penyerap logam berat Fe di Sungai Ndali Desa Sukorejo Kecamatan Sudimoro Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas diartikan bahwa kandungan logam berat Fe di sungai Ndali sebesar 3,6512 ppm. Adanya besi (Fe) dalam perairan akan berpengaruh terhadap organisme yang hidup di sungai tersebut maupun terhadap manusia yang menggunakan air tersebut untuk keperluan sehari-hari, sehingga perlu adanya pengolahan air sungai tersebut sebelum digunakan. Logam berat besi sangat diperlukan dalam tubuh, tapi sangat berbahaya bagi makhluk hidup jika keberadaannya pada konsentrasi tinggi. Salah satu cara untuk mengurangi logam berat Fe yaitu adsorpsi menggunakan batubara yang dikenal sebagai adsorben terhadap pencemaran. Berdasarkan permasalahan di atas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- Berapa kemampuan efisiensi adsorpsi batubara terhadap logam berat besi (Fe^{2+}).

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan teori yang telah diterima selama perkuliahan dengan kenyataan di lapangan khususnya tentang

analisa daya adsorpsi logam berat Besi (Fe^{2+}) dengan menggunakan adsorben karbon aktif batubara.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kemampuan serta efisiensi adsorpsi karbon aktif batubara terhadap logam berat Fe^{2+} di perairan.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

a. Mahasiswa

Mempelajari, mengetahui dan menambah pengetahuan ataupun wawasan tentang analisa daya adsorpsi logam berat Besi (Fe) dengan menggunakan adsorben karbon aktif batubara yang telah diaktifasi.

b. Perguruan Tinggi (Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan)

Memberikan informasi keilmuan bagi segenap civitas akademik untuk melakukan penelitian dalam pengembangan keilmuan, serta untuk mendukung kesempurnaan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang saat ini mengenai analisa daya adsorpsi logam berat Besi (Fe) dengan menggunakan adsorben karbon aktif batubara yang telah diaktifasi.

c. Peneliti dan pihak-pihak yang berkepentingan

Memberikan sumber informasi dan dasar untuk penulisan ataupun penelitian lebih lanjut, serta sebagai bahan pertimbangan dan rujukan dalam menentukan kebijakan bagi pengelolaan sumberdaya perairan secara terpadu dan bijaksana.

1.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2014, yang berlokasi di laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Pembenihan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Besi (Fe)

Besi merupakan logam berat yang dibutuhkan dimana zat ini dibutuhkan dalam proses untuk menghasilkan oksidasi enzim cytochrome dan pigmen pernapasan (haemoglobin). Logam ini akan menjadi racun apabila keadaannya terdapat dalam konsentrasi di atas normal (Hasbi, 2007).

2.1.1 Definisi Besi (Fe)

Besi memiliki simbol (Fe) dan merupakan logam berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Fe di dalam susunan unsur berkala termasuk logam golongan VIII, dengan berat atom 55,85 gram/mol, nomor atom 26, berat jenis 7,85 dan umumnya mempunyai valensi 2 dan 3 (selain 1, 4, 6). Besi (Fe) adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi, dan jarang dijumpai dalam keadaan bebas, untuk mendapatkan unsur besi, campuran lain harus dipisahkan melalui penguraian kimia. Besi digunakan dalam proses produksi besi baja, yang bukan hanya unsur besi saja tetapi dalam bentuk alloy (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon) (Eaton dan Mary., 2005).

Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri, sehingga pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hidrogen (Eckenfelder, 1989).

Zat besi (Fe) merupakan suatu komponen dari berbagai enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia yang penting di dalam tubuh meskipun sukar diserap (10-15%). Besi juga merupakan komponen dari haemoglobin yaitu sekitar 75% yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dan menghantarkannya ke jaringan tubuh (Admin, 2009). Pada tanaman, besi merupakan bagian dari enzim tertentu dan protein yang berfungsi sebagai pembawa elektron pada fase terang fotosintesis dan respirasi (Tahril *et al.*, 2011).

2.1.2 Sifat-Sifat Besi (Fe)

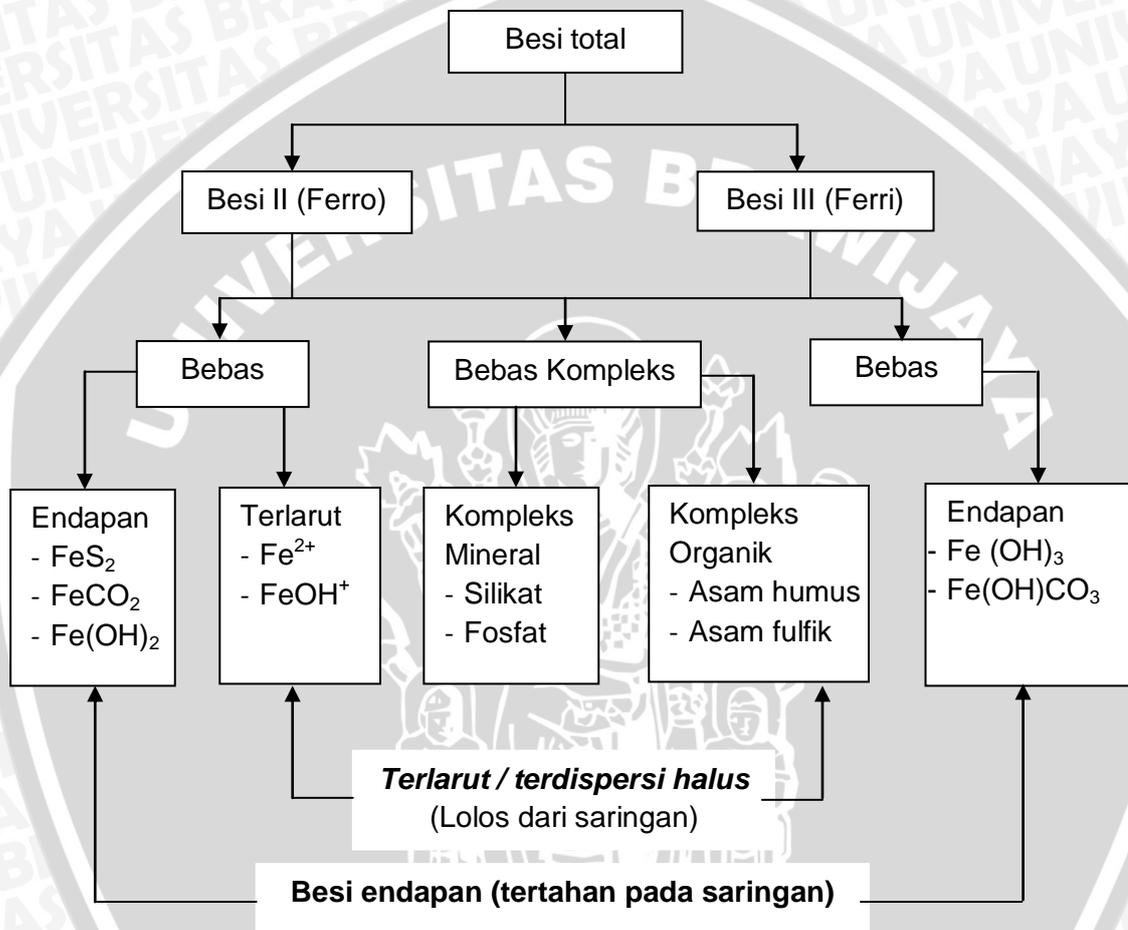
Pada perairan dengan kondisi aerob, kadar besi tidak lebih dari 0,3 mg/liter, pada perairan alami kadar besi berkisar antara 0,05-0,2 mg/liter, tetapi pada air tanah dengan kadar oksigen rendah kadar besi dapat mencapai 10-100 mg/liter. Besi merupakan mineral yang penting bagi manusia. Kebutuhan manusia akan zat besi sebesar 7-14 mg/hari tergantung usia dan jenis kelamin (Asih, 2006).

Logam murni besi sangat reaktif secara kimiawi dan mudah terkorosi, khususnya di udara yang lembab atau ketika terdapat peningkatan suhu. Memiliki empat bentuk alotropik, ferit, yakni alfa, beta, gamma dan omega dengan suhu transisi 700°C, 928°C dan 1530 °C. Bentuk alfa bersifat magnetik, tapi ketika berubah menjadi beta, sifat magnetiknya menghilang meski pola geometris molekul tidak berubah (Lopo, 2011).

2.1.3 Bentuk-Bentuk dan Sumber-Sumber Besi (Fe) di Perairan

Pada perairan alami, besi berikatan dengan anion membentuk senyawa FeCl_2 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$ dan $\text{Fe}(\text{SO}_4)$. Pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, pengendapan ion ferri dapat mengakibatkan warna kemerahan pada porselen, bak mandi, pipa air dan pakaian. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH (Effendi, 2003).

Menurut BPPT (2004), besi pada air permukaan terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain bentuk suspensi dari lumpur, tanah liat dan partikel (dispersi) halus dari besi (III) hidroksida, $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ dalam bentuk koloid dan organik kompleks. Bentuk besi di dalam air digambarkan dalam bagan seperti dibawah ini:



Gambar 1. Skema bentuk besi dalam air (BPPT, 2004)

Fe berada dalam tanah dan batuan sebagai ferrioksida (Fe_2O_3) dan ferrihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Dalam air, besi berbentuk ferrobikarbonat ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$), ferrohidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), ferrosulfat (FeSO_4) dan besi organik kompleks. Air tanah mengandung besi terlarut berbentuk ferro (Fe^{2+}). Jika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi (Fe^{2+}) akan teroksidasi menjadi ferrihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Ferrihidroksida dapat mengendap

dan berwarna kuning kecoklatan. Hal ini dapat menodai peralatan porselen dan cucian. Bakteri besi (*Crenothrix* dan *Gallionella*) memanfaatkan besi ferro (Fe^{2+}) sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya dan mengendapkan ferrihidroksida. Pertumbuhan bakteri besi yang terlalu cepat (karena adanya besi ferro) menyebabkan diameter pipa berkurang dan lama kelamaan pipa akan tersumbat (Jusmanizah, 2011).

2.1.4 Pengaruh Besi (Fe) di Perairan

Kadar besi yang berlebih dalam air dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak pada minuman, menyebabkan kekeruhan dan warna kuning pada air dapat meninggalkan noda pada pakaian atau peralatan yang dicuci dengan air tersebut (Asih, 2006). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan R.I Nomor: 416/MENKES/PER/IX/90 tentang baku mutu air bersih, kadar besi (Fe) yang diizinkan untuk air bersih adalah 1,0 mg/l. Jika konsentrasi besi di dalam air relatif besar, akan memberikan dampak sebagai berikut:

1. Menimbulkan penyumbatan pada pipa disebabkan
 - a. Secara langsung oleh deposit (*tubercule*) yang disebabkan oleh endapan besi.
 - b. Secara tidak langsung, disebabkan oleh kumpulan bakteri besi yang hidup di dalam pipa, karena air yang mengandung besi, disukai oleh bakteri besi. Selain itu kumpulan bakteri ini dapat meninggalkan gaya gesek (*losses*) yang juga berakibat meningkatnya kebutuhan energi. Selain itu pula apabila bakteri tersebut mengalami degradasi dapat menyebabkan bau dan rasa tidak enak pada air.

2. Besi sendiri dalam konsentrasi yang lebih besar dari 1 mg/l, akan memberikan suatu rasa pada air yang menggambarkan rasa metalik, astringen, atau obat.
3. Keberadaan besi juga dapat memberikan penampakan keruh dan berwarna pada air, oleh karena sangat tidak diharapkan pada industri kertas, pencelupan atau tekstil dan pabrik minuman.
4. Meninggalkan noda pada pakaian yang dicuci oleh air yang mengandung besi.
5. Meninggalkan noda pada bak-bak kamar mandi dan peralatan lainnya (noda kecoklatan disebabkan oleh besi).
6. Endapan logam ini juga yang dapat memberikan masalah pada sistem penyediaan air secara individu (sumur).
7. Pada ion *exchanger* endapan besi yang terbentuk, seringkali mengakibatkan penyumbatan atau menyelubungi media pertukaran ion (resin), yang mengakibatkan hilangnya kapasitas pertukaran ion.
8. Menyebabkan keluhan pada konsumen (seperti kasus "*red water*") bila endapan besi yang terakumulasi di dalam pipa, tersuspensi kembali disebabkan oleh adanya kenaikan debit atau kenaikan tekanan dan akan dibawa ke konsumen.

2.2 Proses Penghilangan Besi

Menurut Jusmanizah (2011), penurunan kandungan besi dan mangan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Oksidasi
2. *Ion Exchange*
3. *Mangan Zeolite Filtration*
4. *Sequestering Process*

5. Lime Softening
6. Filtrasi (Penyaringan)
7. Adsorpsi (Penjerapan)

2.2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Dalam proses adsorpsi, terjadi tarik-menarik antar molekul adsorbat (zat teradsorpsi) serta antara molekul-molekul adsorbat dan tapak-tapak aktif pada permukaan adsorben (pengadsorpsi). Perpindahan massa terjadi jika gaya tarik adsorben lebih kuat (Setyaningsih, 1995).

Adsorpsi merupakan suatu proses dimana suatu partikel terperangkap kedalam struktur suatu media dan seolah-olah menjadi bagian dari keseluruhan media tersebut. Proses ini dijumpai terutama dalam media karbon aktif. Karbon aktif memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu. Pori-pori ini dapat menangkap partikel-partikel sangat halus (molekul) dan terjebak disana. Dengan berjalannya waktu pori-pori ini pada akhirnya akan jenuh dengan partikel-partikel sangat halus sehingga tidak berfungsi lagi. Sampai tahap tertentu beberapa jenis arang aktif dapat direaktivasi kembali, meskipun sangat tergantung dari metode aktivasi sebelumnya, oleh karena itu perlu diperhatikan keterangan pada kemasan produk tertentu (Murhadi, *et al.*, 2006).

Proses adsorpsi pada karbon aktif terjadi melalui tiga tahap dasar. Pertama-tama, zat terjerap pada karbon aktif bagian luar, lalu bergerak menuju pori-pori karbon aktif, selanjutnya terjerap ke dinding bagian dalam dari karbon aktif (Pratama, 2013).

Menurut Jusmanizah (2011), beberapa faktor yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Pengadukan

Makin cepat pengadukan, makin cepat pula penyerapan dan sebaliknya.

b. Karakteristik zat penyerap

Ukuran partikel dan luas permukaan zat penyerap mempengaruhi laju penyerapan. Makin kecil diameter partikel, makin luas permukaan zat penyerap dan laju adsorpsi makin cepat. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi, dianjurkan agar menggunakan adsorben yang telah dihaluskan.

c. Daya larut dari zat yang diserap

d. Ukuran molekul adsorbat

Makin besar ukuran molekul dan ukuran pori maka gaya tarik menarik antara molekul adsorben akan makin besar.

e. pH

f. Suhu

Laju penyerapan bertambah dengan naiknya suhu dan begitu pula sebaliknya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain sifat fisik dan kimia adsorben (luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia), sifat fisik dan kimia adsorbat (ukuran, kepolaran, dan komposisi kimia molekul), konsentrasi adsorbat dalam fase cair, karakteristik fase cair (pH dan suhu), dan kondisi operasional adsorpsi (Pratama, 2013).

Menurut Bird (1985), ada dua jenis isoterm adsorpsi yang umum digunakan untuk menjelaskan adsorpsi cairan pada permukaan padatan, yaitu isoterm freundlich dan isoterm langmuir. Isoterm Freundlich merupakan persamaan yang biasa digunakan untuk menjelaskan proses adsorpsi cairan pada permukaan zat padat. Isoterm ini sering digunakan untuk menjelaskan

adsorpsi zat terlarut dalam suatu larutan. Isoterm Langmuir biasanya digunakan untuk menggambarkan proses kimisorpsi satu lapisan sehingga sistem yang menjalani tipe isoterm ini akan terus melakukan adsorpsi sampai terbentuk lapisan tunggal

2.2.2 Adsorben Batubara

Batubara adalah substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai satuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Kemudian perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh-tumbuhan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara. Dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedang tingkatan yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Yunita, 2000).

Arang batubara (*bottom ash*) berasal dari material buangan sisa pembakaran batubara dari PLTU maupun industri. Akhir - akhir ini diketahui bahwa arang batubara (*bottom ash*) dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai macam logam berat dari limbah cair. Arang batubara (*bottom ash*) adalah material buangan yang berasal dari sisa pembakaran batubara untuk pembangkit listrik. Ketersediaan bahan baku arang batubara

cukup melimpah dan merupakan material lokal yang murah (Gupta et al., 2000). Batubara dibentuk dari peluruhan tumbuhan oleh bakteri di bawah aneka ragam tekanan. Batubara ini dikelompokkan menurut kadar karbonnya, antrasit atau batubara keras mengandung kadar karbon tertinggi, batubara bitumen (lunak), batubara muda (lignit) dan akhirnya gambut (Fessenden, 1989).

2.3 Karbon Aktif

Menurut Syauqiahet *al.*, (2011), karbon aktif secara luas digunakan sebagai adsorben dan secara umum mempunyai kapasitas yang besar untuk mengadsorpsi molekul organik. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan ataupun gas. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya.

Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis dilakukan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dengan uap air, atau pemanasan dalam suatu aliran gas *inert*, sedangkan aktivasi secara kimiawi dilakukan melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai (misalnya selenium oksida), atau melalui sebuah reaksi kimia (Hassler, 1974).

2.3.1 Proses Aktivasi Karbon

Menurut Jusmanizah (2011), metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah sebagai berikut:

1. Aktivasi Kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktifator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat,

klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 .

2. Aktivasi Fisika

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 . Umumnya arang dipanaskan di dalam tanur pada suhu $800^\circ C - 900^\circ C$. Oksidasi dengan udara pada suhu rendah merupakan reaksi isotherm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO_2 pada suhu tinggi merupakan reaksi endoterm sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

2.4 Parameter Kualitas Air Pendukung

Menurut Sawyer dan Mc Carty (1978), proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas permukaan, sifat adsorbat, konsentrasi adsorbat, pH larutan, waktu kontak dan suhu.

2.4.1 Suhu

Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu, dan adsorpsi akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya meningkat sejalan dengan menurunnya suhu (Kasam, 2005).

Setiap kenaikan suhu sebesar $10^\circ C$ kecepatan reaksi kimia dan biologis meningkat 2 kali lipat. Antara lain kelarutan oksigen dalam air, kecepatan metabolisme dan percepatan proses dekomposisi, dimana pada suhu tinggi aktivitas metabolisme akan meningkat, serta proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba juga menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya suhu. Beban masukan limbah terutama bahan organik, apabila masuk kedalam perairan secara terus menerus akan meningkatkan pemakaian oksigen terlarut sehingga

daya larut oksigen atau ketersediaan oksigen terlarut dalam air akan menurun (Boyd, 1982).

2.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Penyerapan biasanya dipengaruhi oleh konsentrasi ion hydrogen dalam larutan. Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkannya yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut berkurang. Bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan penambahan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam (Cookson, 1978).

Masuknya logam di dalam perairan akan berinteraksi dengan berbagai faktor seperti derajat keasaman (pH) sehingga akan berpengaruh terhadap kelarutan logam. Jika derajat keasaman tinggi akan mengubah kestabilan ikatan dari karbonat kehidroksida. Hidroksida ini akan mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel yang berada pada badan perairan. Lama kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel yang berada dalam badan perairan akan mengendap dan membentuk lumpur (sedimen) (Sudarwin, 2008).

2.4.3 Oksigen Terlarut (DO)

Besi terlarut berasal dari beberapa kondisi antara lain akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam) dapat melarutkan logam besi dan pengaruh banyaknya oksigen terlarut dalam air dapat pula melarutkan logam besi (Lopo, 2011). Beban masukkan limbah terutama bahan organik Apabila masuk ke dalam perairan secara terus menerus akan meningkatkan pemakaian oksigen terlarut sehingga daya larut oksigen atau ketersediaan oksigen terlarut dalam air akan menurun (Boyd, 1982).

Kadar besi yang tinggi pada air kolam disebabkan adanya proses respirasi tumbuhan dan hewan serta proses dekomposisi (penguraian bahan organik) oleh mikroorganisme seperti bakteri dan ganggang yang menghasilkan karbondioksida sebagai salah satu produk akhir, sehingga air kolam mengandung karbondioksida dalam jumlah relative banyak disertai kadar oksigen terlarut rendah bahkan terbentuk suasana anaerob. Unsur besi biasanya ditemukan pada perairan dengan kondisi anaerob (tanpa oksigen) (Asih, 2006).

2.4.4 Total Bahan Organik (TOM)

Bahan Organik Terlarut (BOT) atau Total Organik Matter (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (particulate) dan koloid. Bahan organik di perairan terdapat sebagai plankton, partikel-partikel tersuspensi dari bahan organik yang mengalami perombakan (detritus) dan bahan-bahan organik total yang berasal dari daratan dan terbawa oleh aliran sungai (Kasam, 2005).

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa adsorpsi, karbon aktif batubara, aktivasi dan logam berat besi (Fe^{2+}). Parameter kualitas air yang digunakan antara lain parameter fisika yaitu suhu dan parameter kimia yang dianalisa yaitu derajat keasaman (pH), DO dan bahan organik total atau *Total Organic Matter* (TOM).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

Alat	Bahan	Parameter	Satuan
Termometer digital	Air sampel	Suhu	$^{\circ}\text{C}$
pH meter	Air sampel	pH	-
DO meter	Air sampel	DO	Mg/l
TOM	Na-oxalate, aquades	Buret, Erlenmeyer, spektrofotometer	Mg/l
Tungku aktivasi	Batubara	Aktivasi batubara	-
Aquarium atau bak pengamatan, botol air mineral 600 ml, cool box	Air sampel, Batubara, kertas label	Adsorpsi batubara	-
Beaker glass, hot plate (pemanas listrik), Labutakar, Serapan Atom (AAS)	Asam nitrat pekat, Aquadest,	Analisis logam berat Fe	Mg/l

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan bagian dari metode kuantitatif dan memiliki ciri khas tersendiri terutama dengan adanya kelompok kontrol.

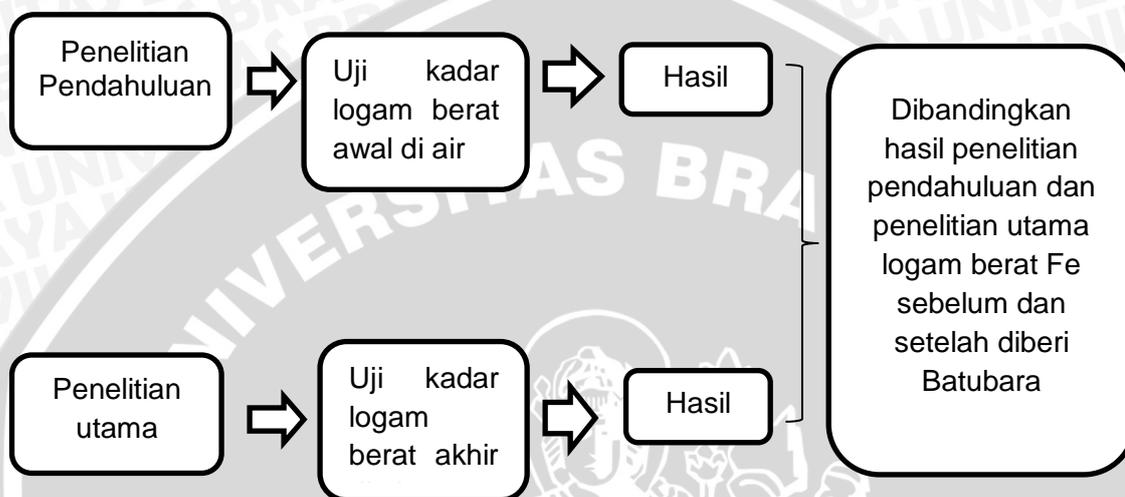
Penelitian-penelitian bidang sains dapat menggunakan desain eksperimen karena variabel-variabel dapat dipilih dan variabel-variabel lain dapat mempengaruhi proses eksperimen itu secara ketat. Sehingga dalam metode ini, peneliti memanipulasi paling sedikit satu variabel, mengontrol variabel lain yang relevan, dan mengobservasi pengaruhnya terhadap variabel terikat. Manipulasi variabel bebas inilah yang merupakan salah satu karakteristik yang membedakan penelitian ekperimental dari penelitian-penelitian lain (Pratama, 2013). Wiersma (1991) dalam Emzir (2009), mendefinisikan eksperimen sebagai suatu situasi penelitian yang sekurang-kurangnya satu variabel bebas, yang disebut sebagai variabel eksperimental, sengaja dimanipulasi oleh peneliti. Sedangkan menurut Arikunto (2006), eksperimen didefinisikan sebagai suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu.

Penelitian dilakukan selama lima hari sebanyak tujuh perlakuan yang diberi adsorben (batubara) dengan bobot 0 gram; 2,5 gram; 5 gram; 7,5 gram; 10 gram; 12,5 gram dan 15 gram. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 2 kali. Menurut Hartanto (2004), ulangan adalah frekuensi dari suatu perlakuan yang diselidiki dalam suatu percobaan. Jumlah ulangan dalam suatu perlakuan tergantung pada derajat ketelitian yang diinginkan oleh peneliti terhadap kesimpulan hasil percobaannya. Ulangan ini berfungsi untuk menghasilkan suatu estimasi tentang galat dan menghasilkan ukuran pengaruh perlakuan-perlakuan yang lebih tepat terhadap hasil percobaan.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap meliputi penelitian pendahuluan yaitu mengukur kadar logam berat awal dari air. Penelitian utama yaitu mengukur kadar logam berat Fe di air setelah diberi perlakuan batubara.

Adapun skema penelitian pada bagan berikut :



Gambar 2. Skema Penelitian

3.4.1 Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui kandungan logam berat Fe awal pada air, dengan prosedurnya sebagai berikut:

- Pengambilan air sungai Ndali, Desa Sukorejo Kecamatan Sudimoro Kabupaten Pacitan menggunakan botol air mineral 600 ml, lalu di uji kandungan logam beratnya menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*) untuk mengetahui kandungan logam berat di air.
- Hasil analisa logam berat diperoleh kadar logam berat tertinggi pada logam berat Fe yaitu sebesar 3,6512 mg/l.

3.4.2 Penelitian utama

Logam berat Fe yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari perairan sungai Ndali yang memiliki kandungan logam berat Fe sebesar 3,21 mg/l.

Prosedur yang digunakan dalam penelitian utama adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan bak-bak percobaan 14 buah berukuran 30x30 cm.
- b. Memasukan batu bara dalam bak-bak percobaan sesuai perlakuan, dengan pemberian batubara pada setiap bak percobaan dengan masing-masing perlakuan. Batubara yang telah diaktivasi kemudian dimasukkan ke dalam bak percobaan volume 3 liter yang diisi air sampel sebanyak 2 liter pada masing-masing bak percobaan.
- c. Mengukur kandungan logam berat Fe yang terkandung dalam air dari hari ke-0 sampai hari ke-5. Parameter utama yang dianalisis meliputi logam berat besi (Fe). Cara pengambilan sampel yaitu mengambil sebanyak 100 ml sampel air pada bak percobaan kemudian dianalisis kadar logam beratnya.
- d. Analisa kualitas air dilakukan setiap harinya selama lima hari untuk analisa pH, suhu, TOM dan analisa logam berat Fe pada hari kelima. Analisa pH, DO dan suhu dilakukan di laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Pembenihan Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, untuk analisa logam berat Fe dan dilakukan di laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
- e. Hasil.

3.5 Analisis Logam Berat Besi (Fe)

Pengukuran logam berat besi pada sampel cair (media air) dilakukan di Laboratorium Lingkungan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang oleh Laboran. Menurut Hutagalung (1991), metode analisis sampel cair (media cair) adalah sebagai berikut:

- 1) Memasukkan sampel cair ke dalam beaker glass 50 ml.
- 2) Menambahkan HNO₃ encer 2,5 N sebanyak ± 10- 15 ml.
- 3) Memanaskan sampai mendidih dan mendinginkannya.
- 4) Mengeringkan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml.
- 5) Menambahkan akuades sampai tanda batas dan menghomogenkannya.
- 6) Menganalisis dengan menggunakan mesin ASS (*Atomic Absorption Spectrometer*).

3.6 Analisa Parameter Kualitas Air

Analisa parameter kualitas air yang akan dilakukan meliputi parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama yaitu batubara dan Fe dalam air. Parameter pendukung meliputi parameter yang berhubungan dengan parameter fisika yaitu suhu, parameter kimia yaitu derajat keasaman (pH), DO dan *Total Organic Matter* (TOM).

3.4.1 Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut Kordi dan Andi (2007), adalah :

- a) Mencelupkan thermometer digital ke dalam media penelitian.
- b) Membiarkan 1-2 menit agar keadaannya konstan.
- c) Mengangkat dan membaca besarnya suhu pada skala thermometer tersebut.
- d) Hasil.

3.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992) cara mengukur derajat keasaman (pH) menggunakan pH pen adalah sebagai berikut:

1. Menstandarisasi dahulu pH pen sebelum dipakai dengan aquades.
2. Memasukkan pH pen ke dalam air.

3. Melihat angka pada layer pH pen dan setelah dipakai segera distandarisasi kembali.
4. Hasil.

3.4.3 Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Lind (1997), oksigen terlarut (DO) diukur dengan menggunakan Oksigen Meter atau DO meter. Adapun cara kerjanya adalah sebagai berikut:

1. Mengkalibrasi ujung DO meter dengan akuades.
2. Menyalakan tombol "ON" pada DO meter dan tekan tombol "MODE".
3. Dimasukkan ke air sampel sampai angka pada DO meter stabil.
4. Hasil pengukuran dicatat dalam satuan mg/l.
5. Dikalibrasi ujung DO meter dengan aquadest sebelum dikembalikan ketempat semula.

3.4.4 Total Bahan Organik (TOM)

Menurut Anonimous (2011), cara mengukur total bahan organik (TOM) adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan 25 ml air sampel kedalam Erlenmeyer.
2. Menambahkan 4,25 ml dari buret.
3. Menambahkan 5 ml (1:4).
4. Memanaskandalam pemanas air sampai suhu $70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$.
Kemudiandiangkat.
5. Mendinginkanhinggasuhuturunmenjadi $60^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$.
6. Menambahkan Na-oxalate 0,01 N secaraperlahansampaitidakberwarna.
7. Mentitrasidengan 0,01 N sampaiterbentuk warna pink dan mencatatsebagaiml titran (x ml).
8. Menambahkan 50 ml aquades dan mencatat titran yang digunakan sebagai (y ml).

9. Menghitung dengan rumus:

$$\text{TOM (mg/l)} = \frac{(x-y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{\text{ml air sampel}}$$

10. Hasil.

3.7 Analisa Besi (Fe)

Menurut SNI (2009), metode analisis Fe sampel cair (media cair) adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan 50 ml sampel uji yang sudah dikocok sampai homogen kedalam beaker glass 100 ml.
2. Menambahkan 5 ml asam nitrat pekat dalam lemari asam.
3. Memanaskan larutan tersebut dipemanas listrik sampai larutan contoh kering (2 ml).
4. Dinginkan kemudian menambahkan 10 ml aquades, lalu dimasukkan kedalam labu takar 50 ml sambil disaring.
5. Diencerkan hingga 50 ml dengan larutan pengencer.
6. Diukur serapannya pada AAS.
7. Menghitung konsentrasi Fe (mg/L).
8. Hasil.

3.8 Analisa Data

Analisa data adsorpsi karbon aktif batubara terhadap logam berat Fe akan dilakukan menggunakan tetapan adsorpsi dihitung dengan model isoterm Langmuir. Menurut Metcalf dan Eddy (1979), persamaan Langmuir didasarkan pada kesetimbangan antara kondensasi dan penguapan molekul teradsorpsi, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\frac{X}{M} = \frac{abC}{1 + ab}$$

Konstanta dalam persamaan Langmuir dapat ditentukan dengan memplot X/M versus C dan ditulis kembali dalam rumus sebagai berikut:

$$\frac{C}{X/M} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C$$

Dimana:

- X = jumlah adsorbat teradsorpsi
- M = satuan bobot adsorben
- C = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi
- a, b = tetapan empiris

Sedangkan efisiensi adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \%$$

Keterangan:

C_0 = konsentrasi awal larutan logam berat Fe (ppm)

C_a = konsentrasi akhir larutan logam berat Fe (ppm)

Dalam penelitian ini digunakan jenis analisa regresi. Analisa regresi ditunjukkan grafik regresi yang didapatkan dari pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* yang bertujuan untuk mendeteksi sejauh mana variasi pada suatu variable berkaitan dengan variasi pada satu atau lebih variabel lain berdasarkan koefisien korelasi. Menurut Wiratmoko (2012), analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengukur pengaruh satu variabel bebas (x) dan variabel terikat (y). Persamaan analisis regresi sederhana adalah $y = a + bx$. Menghitung besarnya presentase derajat pengaruh variabel x terhadap variabel y dengan jalan mencari koefisien determinasinya (R^2). Koefisien determinasi (R^2) selanjutnya memberikan informasi seberapa jauh kemampuan model regresi dalam menerangkan variasi model variabel dependen. Variabel bebas (x) dalam penelitian ini adalah adsorben batubara dan besi sebagai variabel terikat (y). Hubungan antar dua variabel tidak saja dalam bentuk sebab-akibat, tetapi juga hubungan timbal-balik antara dua variabel. Korelasi dikatakan menunjukkan

sebab-akibat jika diketahui bahwa antara variabel satu dengan yang lainnya saling mempengaruhi (Wirartha, 2006).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa Kapasitas Adsorpsi Batubara Terhadap Besi (Fe) dengan Menggunakan Metode Isoterm Langmuir

Adsorpsi isoterm merupakan hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fase teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan kesetimbangan pada suhu tertentu. Ada tiga jenis hubungan matematik yang umumnya digunakan untuk menjelaskan isoterm. Isoterm ini berdasarkan asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Menurut Sulistyawati (2008), bahwa isoterm Langmuir berasal dari asumsi bahwa: adsorben mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya. Tidak ada interaksi antara molekul-molekul yang terserap, semua proses adsorpsi dilakukan dengan mekanisme yang sama, hanya terbentuk satu lapisan tunggal pada saat adsorpsi maksimum.

Pada proses adsorpsi jumlah zat yang dapat diserap oleh adsorben mempunyai perbandingan tertentu tergantung pada sifat zat yang diserap, jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Semakin besar konsentrasi larutan, semakin banyak jumlah zat terlarut yang dapat diadsorpsi. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa residu besi pada karbon aktif batubara, tersaji dalam **Tabel 2**.

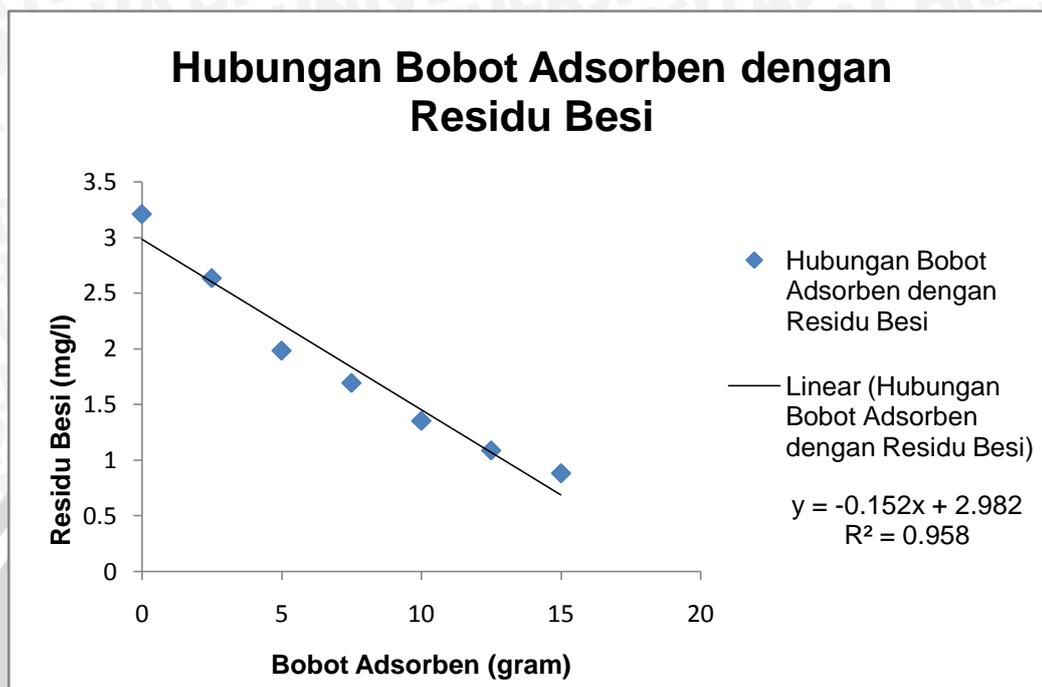
Tabel 2. Analisa Data Isoterm Penggunaan Karbon Aktif Batubara Terhadap Residu Besi

M, Bobot Adsorben (gram)	C, Residu Besi (mg/l)	X, Besi Teradsorpsi (mg/l)	X/M, Besi Teradsorpsi per Bobot Adsorben	C/(X/M)
0	3.21	0	0	0
2.5	2.635	0.575	0.23	11.45652174
5	1.985	1.225	0.245	8.102040816
7.5	1.695	1.515	0.202	8.391089109
10	1.355	1.855	0.1855	7.30458221
12.5	1.09	2.12	0.1696	6.426886792
15	0.885	2.325	0.155	5.709677419

Data pengamatan residu Besi pada **Tabel 2**. dapat dianalisa dengan isotherm langmuir yang dinyatakan dengan persamaan $y = a + bx$, dengan nilai kapasitas adsorpsi karbon aktif batubara sebesar 0,26 mg/gram dengan perhitungan dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pratama (2013), bahwa adsorpsi batubara terhadap ion klorin sebesar 0,079 mg/gram. Dari pernyataan diatas bahwa batubara memiliki ikatan molekul yang lebih tinggi terhadap Fe dari pada Klorin, namun adsorpsi tempurung kelapa terhadap klorin memiliki nilai lebih tinggi dari pada adsorpsi batubara terhadap Fe. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani dan Eko (2009), bahwa penyerapan atau adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi banyak faktor dan juga memiliki pola isotherm adsorpsi tertentu yang spesifik. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang di adsorpsi dan suhu. Oleh karena faktor-faktor tersebut maka setiap adsorben yang menyerap suatu zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola isotherm adsorpsi yang sama.

4.1.1 Hubungan Bobot Adsorben dengan Residu Besi

Hasil persamaan garis regresi bobot adsorben (sumbu x) dengan residu besi (sumbu y) disajikan pada **Gambar 3** dibawah ini:

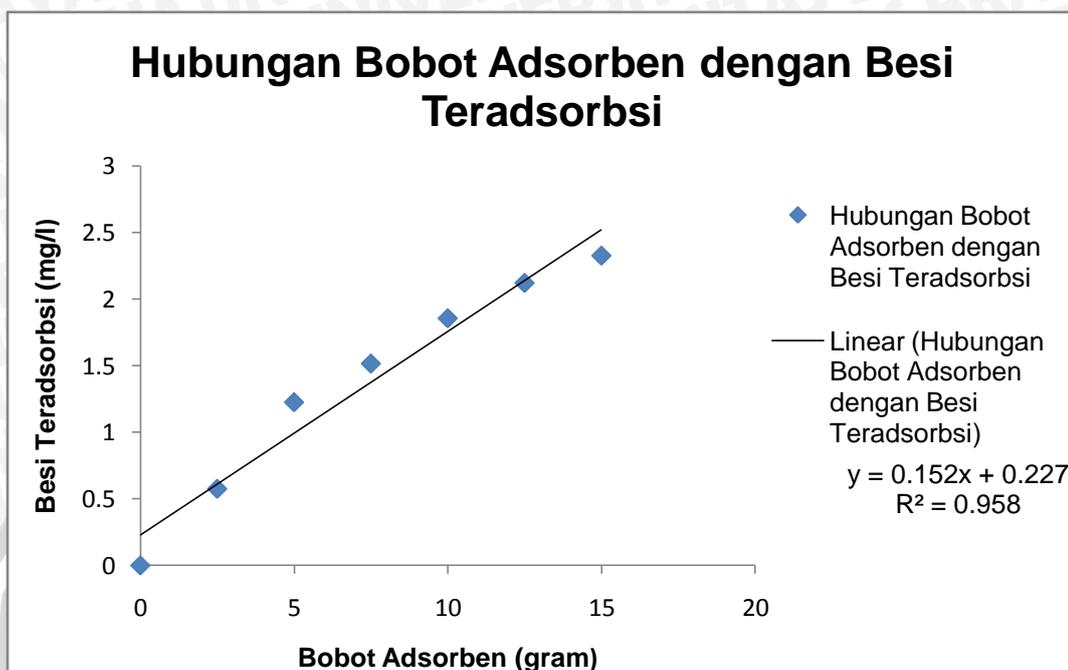


Gambar 3. Grafik Hubungan Bobot Adsorben dengan Residu Besi

Dari **Gambar 3** menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot adsorben (sumbu x) maka semakin sedikit residu besi pada sampel (sumbu y). Hal ini dikarenakan semakin banyak bobot adsorben yang digunakan maka semakin banyak pula Fe yang terjerap pada permukaan adsorben sehingga residu Fe pada sampel semakin sedikit. Menurut Suprihatin dan Nastiti (2010), bahwa dosis karbon aktif menentukan kuantitas logam yang teradsorpsi, dimana semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan persatuan volume limbah cair akan meningkatkan massa logam berat terlarut yang teradsorpsi. Hal ini terjadi karena semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka semakin luas permukaan karbon aktif yang berperan dalam mengadsorpsi logam yang terlarut.

4.1.2 Hubungan Bobot Adsorben dengan Besi Teradsorpsi

Hasil persamaan garis regresi bobot adsorben (sumbu x) dengan besi teradsorpsi (sumbu y) disajikan pada **Gambar 4** dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Hubungan Bobot Adsorben dengan Besi Teradsorpsi

Dari **Gambar 4** menunjukkan bahwa semakin banyak bobot adsorben (sumbu x) maka semakin banyak pula Fe yang terjerap pada permukaan adsorben (sumbu y). Hal ini terlihat pada **Gambar 4**, semakin banyak bobot adsorben maka besi yang teradsorpsi juga semakin tinggi. Dimana besi terjerap paling banyak pada bobot adsorben 15 gram dengan besi teradsorpsi sebesar 2,33 mg/l. Berdasarkan hasil penelitian Gani dan Widodo (2011), menyebutkan bahwa semakin besar massa karbon yang digunakan, maka akan lebih banyak pula karbon aktif tersebut menyerap kandungan COD yang ada dalam limbah.

Fenomena adsorpsi digambarkan melalui suatu hubungan antara jumlah adsorbat yang terjerap persatuan bobot adsorben dan konsentrasi kesetimbangan. Hubungan ini disebut sebagai isoterm adsorpsi. Telah banyak isoterm adsorpsi yang dikembangkan untuk mendeskripsikan interaksi antara adsorben dan adsorbat. Isoterm Freundlich dan Langmuir pada umumnya dianut oleh adsorpsi padat-cair (Atkins, 1999).

4.2 Hasil Analisa Efisiensi Adsorpsi

Analisa efisiensi adsorpsi digunakan untuk mencari presentase efisiensinya. Presentasi efisiensi karbon aktif batubara diperoleh dengan menggunakan rumus efisiensi, bahwa nilai efisiensi semakin tinggi ketika semakin banyak adsorbennya. Nilai efisiensi adsorpsi batubara tersaji pada **Tabel 3**.

3.

Tabel 3. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Batubara

M, Bobot Adsorben (gram)	C, Residu Besi (mg/l)	X, Besi Teradsorpsi (mg/l)	X/M, Besi Teradsorpsi per Bobot Adsorben	C/(X/M)	Efisiensi (%)
0	3.21	0	0	0	0
2.5	2.635	0.575	0.23	11.45652174	17.9
5	1.985	1.225	0.245	8.102040816	38.16
7.5	1.695	1.515	0.202	8.391089109	47.20
10	1.355	1.855	0.1855	7.30458221	57.79
12.5	1.09	2.12	0.1696	6.426886792	66.04
15	0.885	2.325	0.155	5.709677419	72.43

Barros *et al.*, (2003), menyatakan bahwa pada saat ada sebuah peningkatan bobot adsorben, maka ada penurunan kapasitas adsorpsi dan peningkatan efisiensi adsorpsi. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi, semakin tinggi konsentrasi awal, maka nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi juga meningkat (Diapati, 2009).

Pernyataan diatas sesuai dengan hasil penelitian dengan nilai efisiensi tertinggi pada bobot 15 gram dengan efisiensi sebesar 72,43 %, dimana efisiensi adsorpsi semakin tinggi diikuti dengan menurunnya nilai kapasitas adsorpsi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tedy (2011), bahwa semakin banyak jumlah adsorben akan menurunkan kapasitas adsorpsi dan meningkatkan efisiensi adsorpsi. Hal ini terlihat dari kapasitas adsorpsi yang semakin menurun setelah mencapai adsorbsivitas maksimum.

Dilihat dari data hasil diatas kadar efisiensi penggunaan batubara dalam mengadsorpsi logam berat Fe tertinggi pada massa adsorben 15 gram dengan efisiensi sebesar 72,43 %, hal ini dapat disimpulkan bahwa batubara memiliki daya serap yang baik terhadap logam besi. Bila dibandingkan dengan penelitian Rojikhi (2011), adsorpsi karbon aktif yang terbuat dari bulu ayam terhadap besi dengan hasil penyerapan paling besar dengan massa karbon aktif 15 gram, dan ion Fe yang terserap sebesar 56,04 %. Namun efisiensi batubara lebih rendah apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Suptijah *et al.*, (2008), yang menyatakan bahwa penambahan massa kitosan 15 gram menunjukkan presentase penyerapan ion Fe sebesar 90 % (dari 0,14 mg/l menjadi 0,016 mg/l). Kemampuan kitosan sebagai adsorben molekul dikaitkan dengan banyaknya pori-pori sehingga dapat menyerap ion Fe secara maksimal.

4.3 Hasil Analisa Kualitas Air

Analisa parameter kualitas air pada penelitian ini yang digunakan adalah parameter kualitas air yang mendukung dan berhubungan dengan proses adsorpsi yaitu suhu, pH, DO dan TOM. Data rata-rata kualitas air selama penelitian disajikan pada **Tabel 4.** dan data harian pada **Lampiran 2.**

		Parameter Kualitas Air															
		Suhu					pH					DO					TOM
Bobot Adsorben (gram)		Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-5
0		23.25	23.2	23.8	24.45	24.6	6.96	6.9	7.15	7.16	6.95	5.94	6.79	6.25	6.4	6.95	59.03
2.5		23.4	23.4	24.2	24.2	24.25	6.99	6.79	7.19	7.17	7.02	6.63	7.45	6.87	7.28	7.53	54.8
5		23.5	23.65	24.25	24.55	24.35	6.99	7.01	7.19	7.16	7.04	8.16	7.06	7.25	7.97	7.24	53.47
7.5		23.4	23.5	24.1	24.4	24.25	6.99	7.02	7.19	7.16	7.05	8.13	7.92	7.51	7.8	7.45	51.92
10		23.35	23.6	25.05	24.1	24.3	6.97	6.99	7.18	7.15	6.98	8.11	6.48	7.09	7.62	7.98	51.2
12.5		23.3	23.55	23.95	24.15	24.55	6.95	6.99	7.18	7.17	7.01	8.07	6.67	7.63	8.55	7.66	48.68
15		23.6	23.45	24.25	24.1	24.15	6.95	6.97	7.19	7.16	7.01	7.65	6.79	7.32	8.34	7.51	44.86

4.3.1 Suhu

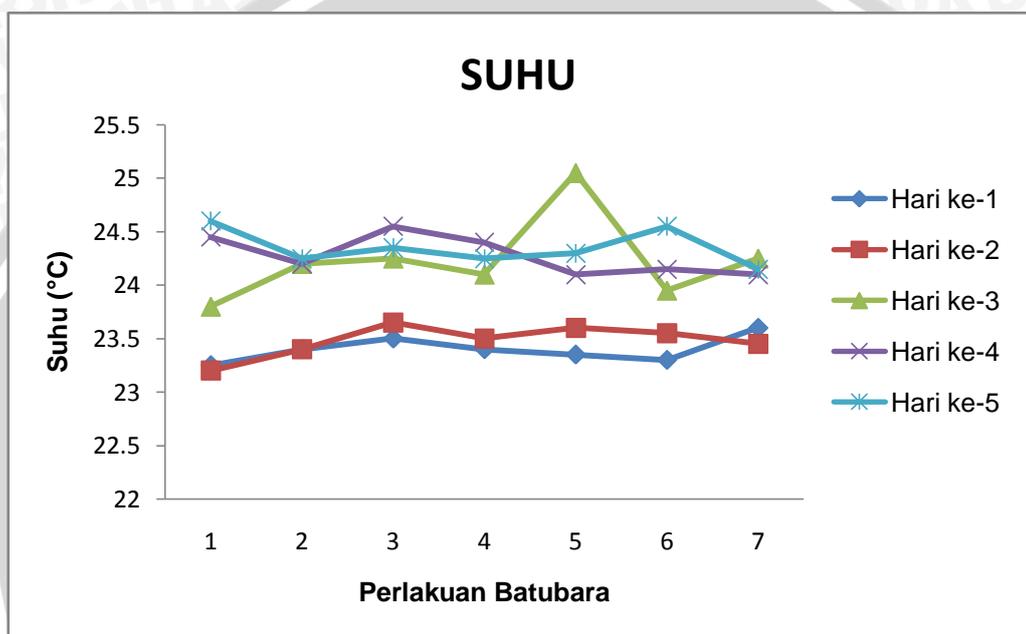
Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Dalam pemakaian karbon aktif batubara dianjurkan untuk menyelidiki suhu pada saat berlangsungnya proses adsorpsi, karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai suhu yang digunakan dalam adsorpsi. Suhu berkaitan erat dengan cahaya. Pemanasan yang terjadi dipermukaan laut yang terjadi pada siang hari tidak seluruhnya dapat teradsorpsi oleh air laut karena adanya awan dan posisi lintang. Energi akan cukup banyak diserap ketika matahari berada di atas ketinggian di langit dan berkurang ketika dekat dengan horizon. Posisi matahari di daerah tropik dan sub tropik yang selalu berada diatas horizon sepanjang musim menjadikan daerah ini lebih hangat dibandingkan umumnya di daerah kutub (Widodo, 2006). Hasil pengamatan suhu harian pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengamatan Suhu

Bobot Adsorben (gram)	Suhu				
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
0	23.25	23.2	23.8	24.45	24.6
2,5	23.4	23.4	24.2	24.2	24.25
5	23.5	23.65	24.25	24.55	24.35
7,5	23.4	23.5	24.1	24.4	24.25
10	23.35	23.6	25.05	24.1	24.3
12,5	23.3	23.55	23.95	24.15	24.55
15	23.6	23.45	24.25	24.1	24.15

Hasil pengamatan suhu yang diperoleh, bahwa nilai kisaran suhu antara $23,2^{\circ}\text{C}$ – $24,6^{\circ}\text{C}$ dengan pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama 5 hari pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan suhu pada tiap perlakuan, hal ini disebabkan karena cuaca yang tidak stabil dan adanya proses adsorpsi oleh batubara sehingga suhu berfluktuasi. Menurut Faradina (1997), suhu memegang peranan utama dalam proses adsorpsi. Makin tinggi suhu maka

semakin tinggi presentase penurunan kadar air dalam batubara. Tingkat adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan akan menurun dengan menurunnya suhu. Tapi jika reaksi-reaksi adsorpsi yang terjadi adalah eksoterm, maka dari itu tingkat adsorpsi umumnya akan meningkat sejalan dengan menurunnya suhu (Kasam, 2005). Untuk melihat fluktuasi suhu bisa dilihat pada grafik suhu dibawah ini (**Gambar 5**).



Gambar 5. Grafik Suhu

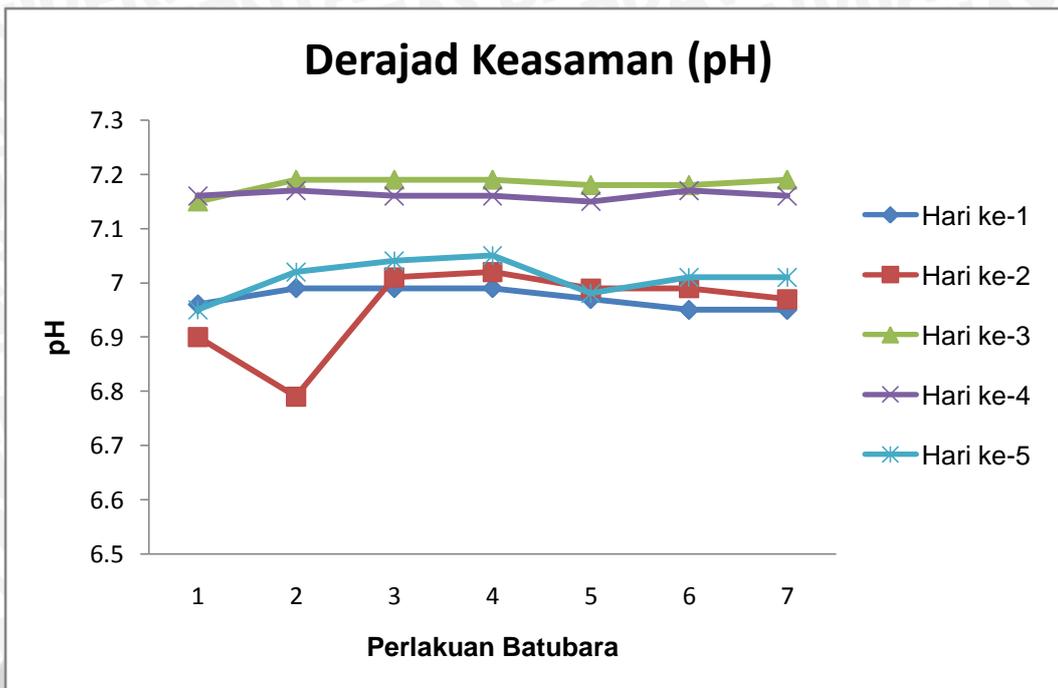
4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi. Hasil pengamatan derajat keasaman (pH) harian dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pengamatan Derajat Keasaman (pH)

Bobot Adsorben (gram)	Derajat Keasaman (pH)				
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
0	6.96	6.9	7.15	7.16	6.95
2,5	6.99	6.79	7.19	7.17	7.02
5	6.99	7.01	7.19	7.16	7.04
7,5	6.99	7.02	7.19	7.16	7.05
10	6.97	6.99	7.18	7.15	6.98
12,5	6.95	6.99	7.18	7.17	7.01
15	6.95	6.97	7.19	7.16	7.01

Nilai pH pada penelitian ini berkisar antara 6,79-7,19 dan kadar pH tersebut menunjukkan kadar pH yang masih netral dan selama penelitian berlangsung kadar pH relatif stabil. Namun pada hari ke-2 pH mengalami fluktuasi, dapat dilihat pada **Gambar 6**. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh pH, semakin tinggi pH maka proses adsorpsi yang terjadi juga semakin besar dan begitu pula sebaliknya. Proses adsorpsi menurun dikarenakan jumlah proton (H^+) dalam larutan mulai berkurang sehingga kemampuan karbon aktif untuk membentuk muatan positif menjadi lebih kecil, sehingga adsorpsi yang terjadi menjadi lebih sedikit (Wirawan dan Lestari, 2008). Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan nilai pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH (Effendi, 2003). Menurut Rochyatun dan Abdul (2007), penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar.



Gambar 6. Grafik Derajat Keasaman (pH)

4.3.3 Oksigen Terlarut (DO)

Hasil penelitian harian oksigen terlarut (DO) selama lima hari dapat dilihat pada Tabel 7.

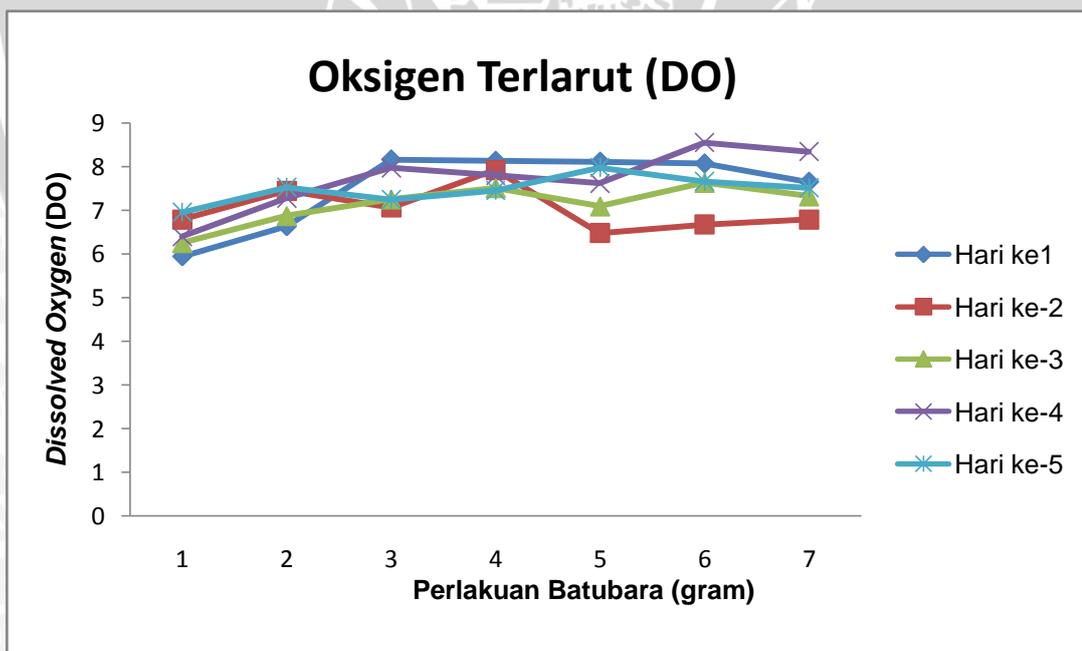
Tabel 7. Hasil Analisa Oksigen Terlarut

Bobot Adsorben (gram)	Oksigen Terlarut (DO)				
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
0	5.94	6.79	6.25	6.4	6.95
2,5	6.63	7.45	6.87	7.28	7.53
5	8.16	7.06	7.25	7.97	7.24
7,5	8.13	7.92	7.51	7.8	7.45
10	8.11	6.48	7.09	7.62	7.98
12,5	8.07	6.67	7.63	8.55	7.66
15	7.65	6.79	7.32	8.34	7.51

Selama penelitian berlangsung, nilai DO mengalami fluktuasi pada hari ke dua, namun masih terlihat stabil dengan nilai DO bekisar antara 5,94 mg/l hingga 8,55 mg/l. Perubahan nilai DO selama penelitian dapat dipengaruhi oleh difusi oksigen dari udara dan akibat proses adsorpsi besi. Oksigen dalam

perairan juga dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat maka nilai oksigen dalam perairan akan menurun. Hal ini dikarenakan suhu perairan berpengaruh pada proses adsorpsi yang berdampak DO mengalami penurunan. Pada dasarnya proses penurunan oksigen dalam air disebabkan oleh proses kimia, fisika dan biologi yaitu proses respirasi baik oleh hewan maupun tanaman, proses penguraian (dekomposisi) bahan organik dan proses penguapan. Kelarutan oksigen kedalam air terutama dipengaruhi oleh faktor suhu. Oleh sebab itu, kelarutan gas oksigen pada suhu rendah relatif lebih tinggi dibandingkan pada suhu tinggi (Pallar, 2004).

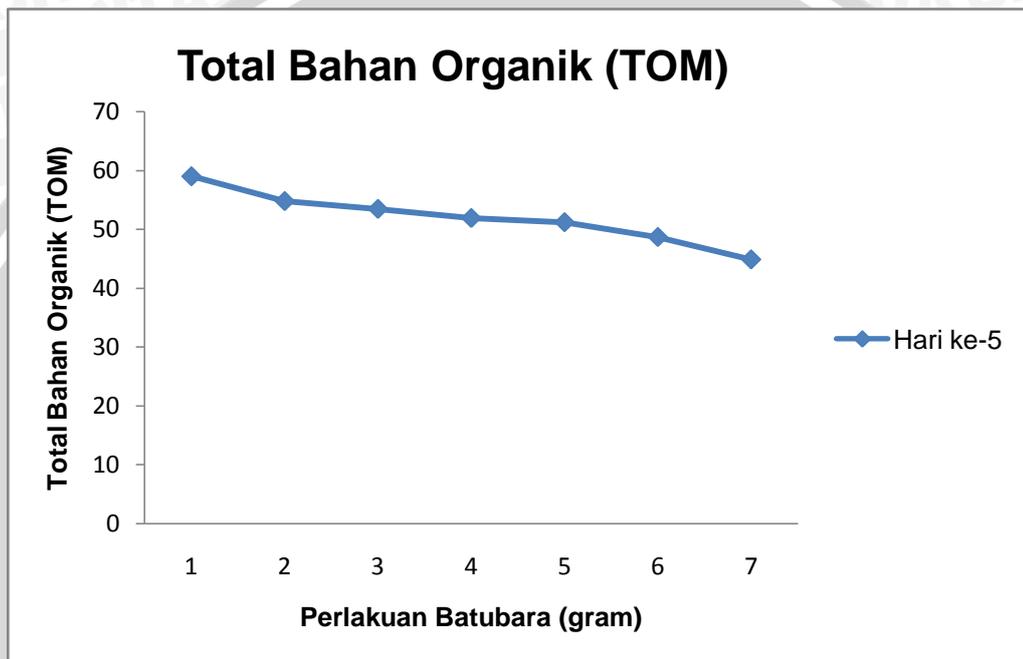
Menurut Ramlal (1987) dalam Rachmawatie *et al.*, (2009), pada daerah yang kekurangan oksigen, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik. Grafik pengamatan nilai DO selama penelitian disajikan pada grafik DO (Gambar 7)



Gambar 7. Grafik Oksigen Terlarut (DO)

4.3.4 Total Bahan Organik (TOM)

Total bahan organik atau yang biasa disebut TOM merupakan kandungan bahan organik total pada suatu perairan baik bahan organik yang terlarut, tersuspensi maupun koloid. Pada penelitian ini TOM di ukur yaitu untuk mengetahui sejauh mana TOM mempengaruhi proses adsorpsi. Grafik total bahan organik (TOM) dapat dilihat pada **Gambar 10** dibawah ini.



Gambar 10. Grafik *Total Organic Matter* (TOM)

Nilai TOM awal sebelum diberi perlakuan adalah 59,03 mg/l dan nilai TOM setelah perlakuan sebesar 44,86 mg/l. Berkurangnya kadar TOM sebelum diberi perlakuan dan setelah perlakuan kemungkinan karena adanya proses adsorpsi yang menyebabkan terjerapnya bahan organik pada pori-pori karbon aktif dan hal ini sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi besi menjadi tidak optimal. Kasam *et al.*, (2005), menyatakan bahwa karbon aktif mempunyai suatu gaya gabung dengan bahan organik, yang mana karbon aktif dapat digunakan untuk meremoval bahan kontaminan organik dari air limbah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penurunan kadar Fe terbesar pada bobot adsorben 15 gram dengan besi teradsorpsi sebesar 2,24 mg/l dan residu besi dalam air sebesar 0,89 mg/l. Namun kadar residu besi tersebut masih tergolong tinggi untuk memenuhi baku mutu air bersih. Kapasitas adsorpsi 1 gram karbon aktif batubara mampu menyerap logam berat Besi (Fe) sebesar 0,26 mg/l.
2. Adsorpsi karbon aktif batubara tertinggi pada bobot 15 gram, dengan nilai efisiensi sebesar 72,43 % hal ini berarti batubara dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk logam berat Fe.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian disarankan bahwa untuk menghilangkan residu besi dapat menggunakan karbon aktif batubara 15 gram, dan disarankan untuk adanya penelitian lebih lanjut menggunakan bobot adsorben yang lebih besar untuk menghilangkan kadar besi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Edisi 1. Yogyakarta. Andi Offset. Yogyakarta.
- Admin. 2009. Penghilangan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam air. Diunggah dari <http://smk3ae.wordpress.com/2010/08/28/penghilangan-besi-fe-danmangan-mn-dalam-air-2/>
- Anonymous. 2011. Petunjuk Praktikum Limnologi Analisa Kualitas Air. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik, Rineka Cipta, Jakarta.
- Asih, Herni S., 2006. Gambaran Kadar Besi dalam Sumber Air Rumah Tangga di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi. (artikel) Media Litbang Kesehatan XVI Nomor 2.
- Atkins, P.W. 1999. Kimia Fisika Jilid II. Kartohadiprojo II, Penerjemah; Rohadyan T, editor. Oxford: Oxford University Press. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*
- Barros, J.L.M., Macedo, G. R., Duarte, M.M.L., SILVA, E.P., dan Lobato, A. K. C. L. 2003. Biosorption of Cadmium Using the Fungus *Aspergillus niger* Braz J Chem Eng 20: 1-17.
- Bird. T. 1985. Kimia Fisik untuk Universitas. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality for Pond Fish Culture. Dept. Of Fisheries and Applied Aquaculture, Elsevier Scientific Publishing Company. New York.
- BPPT (*Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*). 2004. Teknologi Pengolahan. No.045/Kp/KA/IV/2004. Mutiara Sumber Widya. Jakarta.
- Cookson, J.T. 1978. Carbon Adsorption Hand Book. JTC Environmental Consultants, Inc. Maryland.
- Diapati, Maipa. 2009. Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif *Cibacron red*. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Eaton, A.D., dan Mary Ann, H., F. 2005. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. American Public Health Association. New York.
- Eckenfelder, W. W., 1989. *Industrial Water Pollution Control*, McGraw-Hill Book Company. New York. NY.

- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.Yogyakarta.
- Emzir, 2009. Metodologi Penelitian Pendidikan, Kuantitatif dan Kualitatif, Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Fajar, M., Z., Alfian dan Harry, A., 2013.Penentuan Kadar unsur Besi, Kromium dan Alumunium dalam Air Baku dan Pada Penggolahan Air Bersih di Tanung Gading dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom.Jurnal Saintia Kimia Vol. I no. 2
- Faradina. 1997. Pengaruh Temperatur Proses dan Kadar Tembaga Terhadap Penurunan Leges dan Kenaikan Kalor Batubara Kalsel. Institut Teknologi Bandung.
- Fessenden. 1989. Kimia Organik Edisi 3. Erlangga. Jakarta.
- Gani, M. U. A. dan Widodo 2011.Percobaan Penyerapan Limbah Industri Menggunakan Karbon Aktif dari Batubara Tanjung Tabalong Kalimantan Selatan. Jurnal Geologi Indonesia, Vol 6. No. 4:239-248.
- Gupta V.K., D. mohan, S. Sharma, M. Sharma. 2000. "Removel of Basic Dyes (Rhodamineb and Methylene Blue) from Aqueous Solutions Using Bagase Fly Ash", Sep. Science Technology, 35:2097-2113.
- Handayani, Murni dan Eko S. 2009.Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit.Pusat Penelitian Metalurgi-Lipi.PTNBR.Batan.
- Hariyadi, S., Suryadiputra dan B. Widigdo. 1992.Limnologi Metode Kualitas Air. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hartanto, Rudi. 2004. Diktat Praktikum Metode Penelitian dan Rancangan Percobaan. Laboratorium Biometrika Peternakan. Fakultas Peternakan Universitas Dipenegoro. Semarang.
- Hasbi, R. (2007). Analisis Polutan Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Dalam Sedimen Laut Pelabuhan Pantoloan Berdasarkan Kedalamannya (skripsi). UNTAD Press: Palu.
- Hassler, S.J.W., 1974.*Purification with Activated Carbon Industrial, Commercial, Environmental*.Chemical Publishing, Co. Inc., New York, 390h
- Hutagalung, H. P. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P3O. LIPI. Jakarta.
- Idrus, Rosita, Boni, P. L., dan Yoga, S. L. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. Vol 1. No 1.
- Jusmanizah.2011. Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Air Sumur Gali Di Desa Amplas

Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang (Skripsi). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara: Medan.

Kasam, 2005. Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa. ISSN: 1410-2315 Logika. Vol 2. No 2.

Kordi, K dan Andi Baso Tancung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. PT. Rhineka Cipta. Jakarta.

Lind, Q.T. 1997. Handbook of Common Methods in Limnology. McGraw Hill. New York.

Lopo, Hanch. 2011. Makalah Pencemaran Logam Besi (Fe). <http://hanchlopoblogspot.blogspot.com/2011/04/makalah-pencemaran-logam-besi-fe.html?m=1>. Diakses pada tanggal 13 April 2014.

Metcalf dan Eddy, Inc. 1979. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse: Second Edition. Tata McGRAW-HILL

Murhadi., Suyitno., Feny, M.F., Fitria, K. dan S., Murtinah. 2006. Timbal (Pb) dalam Gas Buang Kendaraan Bermotor Bensin dengan Karbon Aktif. PKMP Teknik Otomotif Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Pallar, H., 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.

Peraturan Menteri Kesehatan R.I Nomor: 416/MENKES/PER/IX/90 tentang baku mutu air bersih

Pratama, Luffi. 2013. Analisa Daya Adsorpsi Residu Klorin (Cl_2) dengan Menggunakan Adsorben yang Berbeda (Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Batubara). Skripsi Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Malang.

Rachmawatie, H. Zainul, dan Abida, I. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. Jurnal Kelautan Vol 2. No. 2.

Rochyatun, E dan Abdul, R. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. Makana, Sains Vol. 1 No. 1 April 2008:28-36

Rojikhi. 2011. Pemanfaatan Hasil Pirolisis Bulu Ayam Sebagai Adsorben Ion Na dan Fe dalam Larutan Simulasi. Skripsi Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.

Sawyer, C.N. dan Mc Carty, P.L. 1978, Chemistry for Environmental Engineering. Third Edition., McGraw-Hill Book Company. Tokyo.

Sembiring.2003. Isoterm Adsorpsi ion Cr^{3+} Oleh Abu Sekam Padi Varietas *ir 64*. Skripsi. Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA Undiksha.

Setyaningsih, H., 1995. Pengelolaan Limbah Batik dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif. Tesis. Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia. Jakarta.

Smisek, M. dan Cerny, S., 1970. Activated Carbon Manuculture, Properties and Application. Institute of Physical Chemistry, Czechoslovak Academy of Science, Prague, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 479h.

SNI. 2009. Air dan Air Limbah (*Bagian 4: Cara Uji Besi (Fe)*). 06-6989.4.

Sudarwin. 2008. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Semarang. Universitas Diponegoro. Semarang.

Sulistiyawati, Sari. 2008. Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II). Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sumathi, S. Chai, S.P. dan Mohamed, A.R., 2007, "Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia *Renewable and Sustainable Energy Review*".

Suprihatin dan Nastiti, S. Indrasti. 2010. Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi. *MAKARA, Sains*, Vol. 14, No. 1:44-50.

Suptijah, P., Zahiruddin, W., dan Firdaus D. 2008. Pemurnian Air Sumur dengan Kitosan Melalui Tahapan Koagulasi dan Filtrasi (*Buletin teknologi hasil perikanan vol. XI*). IPB. Bogor.

Syauqiah, I., Mayang, Amalia, H., A., Kartini. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, Volume 12 No. 1.

Tahril., Taba, P., Nafic, L. N. dan Noor, A., 2011. Analisis Besi dalam Ekosistem Lamun dan Hubungannya dengan Sifat Fisiokimia Perairan Pantai Kabupaten Donggala. *Jurnal Natur Indonesia*. 13(2), 105-111.

Tedy. 2011. Adsorben Berbasis Limbah Padat Tapioka. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Widodo, Arief. 2006. Studi Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Organisme Kerang Putih (*Corbula faba*) dan Kerang Bulu (*Andara antiquate*) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Lingkungan di Muara (Skripsi) Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

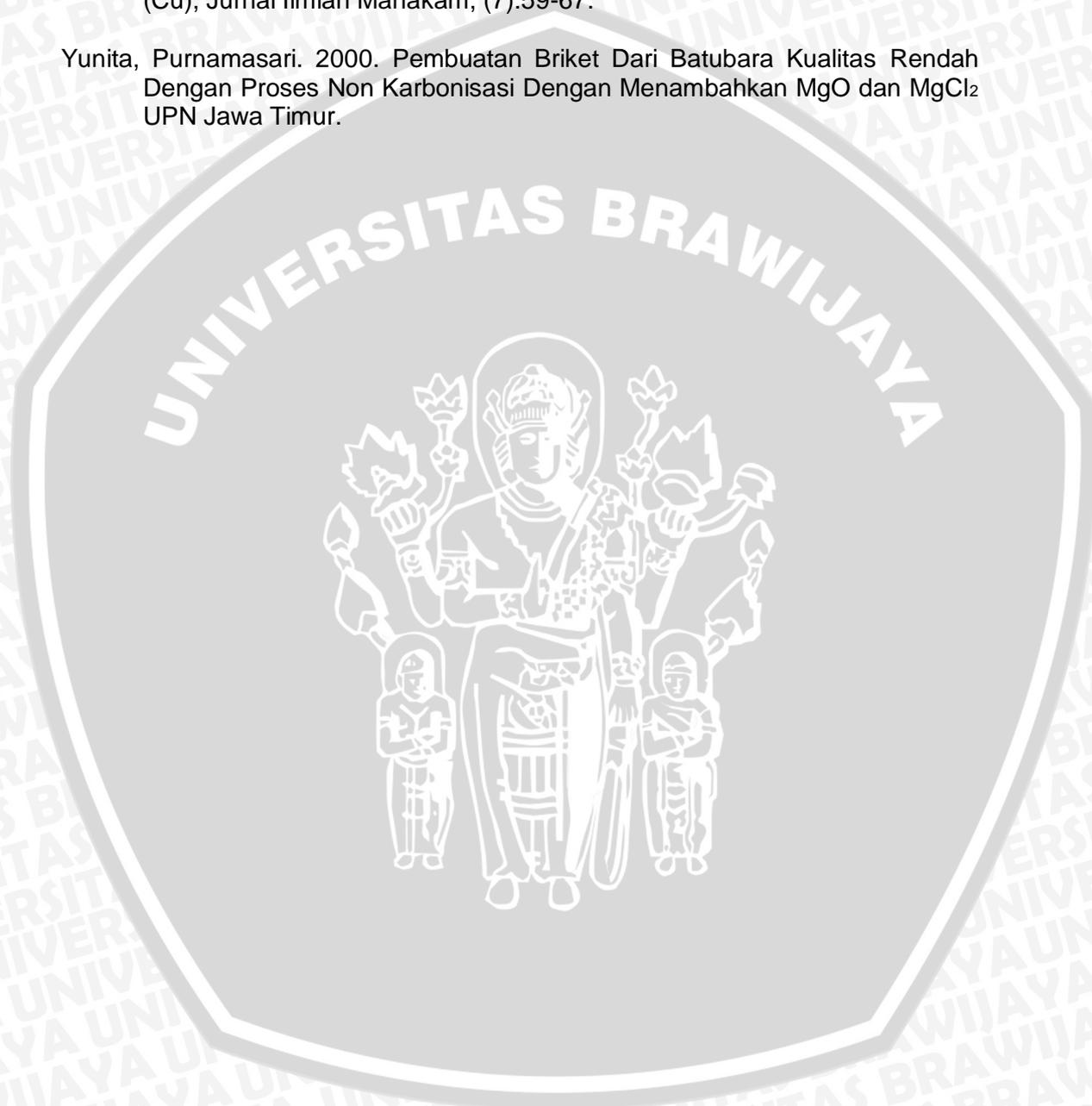
Wiratmoko, Ario. 2012. Pengaruh Kegiatan Ekstrakurikuler Robotika Terhadap Kecerdasan Emosional Siswa di SMK Negeri 3 Yogyakarta. *Jurnal*

Penelitian Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta.

Wirartha, I Made. 2006. Metode Penelitian Sosial Ekonomi. ANDI: Yogyakarta.

Wirawan, T., dan Lestari, S. 2008. Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Jarak
Pagar (*Jatropha curcas L*) Sebagai Adsorben Timbal (Pb) dan Tembaga
(Cu), Jurnal Ilmiah Mahakam, (7):59-67.

Yunita, Purnamasari. 2000. Pembuatan Briket Dari Batubara Kualitas Rendah
Dengan Proses Non Karbonisasi Dengan Menambahkan MgO dan MgCl₂
UPN Jawa Timur.



Lampiran 1. Analisa Data Regresi Adsorpsi Batubara

Regression Statistics	
Multiple R	0.939496382
R Square	0.882653451
Adjusted R Square	0.843537935
Standard Error	0.444940261
Observations	5

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	4.467294337	4.467294337	22.56530235	0.017702096
Residual	3	0.593915508	0.197971836		
Total	4	5.061209845			

Coefficients	
Intercept (b)	3.858353877
X Variable (a)	2.37410941

Dari tabel diatas diperoleh nilai $a=2.37410941$, dan nilai $b = 3.858353877$.

Kemudian nilai tersebut disubstitusikan ke dalam rumus $\frac{C}{X/M} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}C$

Sehingga nilai $1/ab = a$ dan nilai $1/a = b$

$$1/a = 3.858353877$$

$$= 0,26$$

$$1/ab = 2.37410941$$

$$= 1,63$$

Lampiran 2. Data Harian Kualitas Air

Tabel Data Pengamatan Suhu

SUHU						
Perlakuan		12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul
1	A	23	23	24	24.4	24.8
	B	23.5	23.4	23.6	24.5	24.4
2	A	23.4	23.2	24.5	24.5	24.5
	B	23.4	23.6	23.9	23.9	24
3	A	23.6	23.3	24.5	24.7	24.4
	B	23.4	24	24	24.4	24.3
4	A	23.5	23.5	24	24.5	24
	B	23.3	23.5	24.2	24.3	24.5
5	A	23.2	23.7	23.8	24.2	24.1
	B	23.5	23.5	24.3	24	24.5
6	A	23	23.3	23.9	24	24.5
	B	23.6	23.8	24	24.3	24.6
7	A	23.5	23.5	24.3	24.3	24.3
	B	23.7	23.4	24.2	23.9	24

Keterangan:

- 1 = Bobot Adsorben 0 gram
- 2 = Bobot Adsorben 2,5 gram
- 3 = Bobot Adsorben 5 gram
- 4 = Bobot Adsorben 7,5 gram
- 5 = Bobot Adsorben 10 gram
- 6 = Bobot Adsorben 12,5 gram
- 7 = Bobot Adsorben 15 gram
- A = Ulangan 1
- B = Ulangan 2

Lanjutan Lampiran 2.

Tabel Data Pengamatan pH

DERAJAT KEASAMAN (pH)						
Perlakuan		12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul
1	A	6.95	6.9	7.13	7.17	6.93
	B	6.96	6.9	7.17	7.15	6.96
2	A	6.98	6.97	7.2	7.16	7
	B	6.99	6.97	7.18	7.17	7.04
3	A	6.99	7	7.19	7.15	7.05
	B	6.98	7.01	7.19	7.17	7.03
4	A	6.98	7.01	7.18	7.16	7.04
	B	7.01	7.03	7.2	7.16	7.05
5	A	6.98	7	7.2	7.16	6.99
	B	6.95	6.97	7.16	7.14	6.97
6	A	6.94	7	7.17	7.17	7.02
	B	6.95	6.97	7.18	7.16	6.99
7	A	6.94	6.95	7.19	7.17	6.98
	B	6.96	6.99	7.19	7.15	7.03

Keterangan:

- 1 = Bobot Adsorben 0 gram
- 2 = Bobot Adsorben 2,5 gram
- 3 = Bobot Adsorben 5 gram
- 4 = Bobot Adsorben 7,5 gram
- 5 = Bobot Adsorben 10 gram
- 6 = Bobot Adsorben 12,5 gram
- 7 = Bobot Adsorben 15 gram
- A = Ulangan 1
- B = Ulangan 2

Lanjutan Lampiran 2

Tabel Data Pengamatan DO

OKSIGEN TERLARUT (DO)						
Perlakuan		12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul
1	A	5.6	6.52	6.41	6.02	6.93
	B	6.27	7.05	6.09	6.78	6.96
2	A	6.98	7.01	6.89	7.15	7.61
	B	6.27	7.89	6.84	7.4	7.44
3	A	8.98	7.33	6.75	7.98	7.35
	B	7.33	6.78	7.74	7.95	7.13
4	A	8.16	7.88	7.43	7.64	7.84
	B	8.1	7.96	7.59	7.96	7.05
5	A	8.09	6.87	7.14	7.33	7.99
	B	8.13	6.08	7.04	7.9	7.97
6	A	8.06	6.29	7.8	8.39	7.33
	B	8.07	7.04	7.46	8.7	7.99
7	A	8.01	6.61	7.37	8.37	6.98
	B	7.28	6.96	7.27	8.31	8.03

Keterangan:

- 1 = Bobot Adsorben 0 gram
 2 = Bobot Adsorben 2,5 gram
 3 = Bobot Adsorben 5 gram
 4 = Bobot Adsorben 7,5 gram
 5 = Bobot Adsorben 10 gram
 6 = Bobot Adsorben 12,5 gram
 7 = Bobot Adsorben 15 gram
 A = Ulangan 1
 B = Ulangan 2

Lanjutan Lampiran 2.

Tabel Data Pengamatan TOM

TOM		
Perlakuan		16-Jul
1	A	60.03
	B	58.02
2	A	55.23
	B	54.37
3	A	54.51
	B	52.43
4	A	52.29
	B	51.55
5	A	52.15
	B	50.24
6	A	49.03
	B	48.32
7	A	45.85
	B	43.86

Keterangan:

- 1 = Bobot Adsorben 0 gram
 2 = Bobot Adsorben 2,5 gram
 3 = Bobot Adsorben 5 gram
 4 = Bobot Adsorben 7,5 gram
 5 = Bobot Adsorben 10 gram
 6 = Bobot Adsorben 12,5 gram
 7 = Bobot Adsorben 15 gram
 A = Ulangan 1
 B = Ulangan 2

Lampiran 3. Gambar Pelaksanaan Penelitian

- Gambar Bak Percobaan



- Gambar Pengamatan Kualitas Air

