

**RANCANG BANGUN PENJERNIH AIR YANG
TERCEMAR LOGAM BERAT Fe DENGAN
MEDIA ARANG AKTIF DARI LIMBAH
TEMPURUNG KELAPA SAWIT
DAN BAMBU**

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi sebagian Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

Ridwan Ariyadi
NIM : 1501130335

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKA RAYA
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
PROGRAM STUDI TADRIS FISIKA
2020 M/1441 H**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu

Nama : Ridwan Ariyadi

NIM : 1501130335

Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Jurusan : Pendidikan MIPA

Program Studi : Tadris Fisika

Jenjang : Strata 1 (S-1)

Setelah diteliti dan diadakan perbaikan seperlunya, dapat disetujui untuk disidangkan oleh Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya.

Palangka Raya, November 2019

Pembimbing I,



Hadma Yuliant, M.Pd., M.Si
NIP. 19900217 201503 2 009

Pembimbing II,



Nur Inayah Syar, M.Pd
NIP. 19890426 201801 2 002

Mengetahui:

Wakil Dekan Bidang Akademik,



Dr. Nurul Wahdah, M.Pd
NIP. 19800307 200604 2 004

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



H. Mukhlis Rohmadi M.Pd
NIP. 19850606 201101 1 016

NOTA DINAS

Hal : Mohon Diuji Skripsi
Saudara Ridwan Ariyadi

Palangka Raya, Maret 2020

Kepada
Yth. Ketua Jurusan Pendidikan
MIPA IAIN Palangka Raya
di-

Palangka Raya

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Ridwan Ariyadi
NIM : 1501130335
Judul : Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu

Sudah dapat diujikan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd), di Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya.

Demikian atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I,



Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si
NIP. 19900217 201503 2 009

Pembimbing II,



Nur Inayah Syar, M.Pd
NIP. 19890426 201801 2 002

PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu
Nama : Ridwan Ariyadi
NIM : 1501130335
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Tadris Fisika

Telah diujikan dalam Sidang/Munaqasah Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 12 Maret 2020 M/ 17 Rajab 1441 H

TIM PENGUJI:

1. Sri Hidayati, MA
(Ketua Sidang/Penguji)
2. H.Mukhlis Rohmadi, M.Pd
(Penguji Utama)
3. Hadma Yuliani M.Si, M.Pd
(Penguji)
4. Nur Inayah Syar, M.Pd
(Sekretaris/Penguji)

.....
.....
.....
.....

Mengetahui:
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu
Keguruan IAIN Palangka Raya


Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd.
NIP. 19671003 199303 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ridwan Ariyadi
NIM : 1501130335
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Tadris Fisika
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu”, adalah benar karya saya sendiri. Jika kemudian hari karya ini terbukti merupakan duplikat atau plagiat, maka skripsi dan gelar yang saya peroleh dibatalkan.

Palangka Raya, Maret 2020

Yang Membuat Pernyataan,



Ridwan Ariyadi
NIM. 1501130335

RANCANG BANGUN PENJERNIH AIR YANG TERCEMAR LOGAM BERAT Fe DENGAN MEDIA ARANG AKTIF DARI LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SAWIT DAN BAMBU

ABSTRAK

Sungai Kahayan merupakan salah satu sungai yang tercemar logam berat yang ada di Kalimantan Tengah. Pencemaran sungai Kahayan disebabkan oleh kegiatan manusia di hulu sungai Kahayan yaitu penambangan emas. Sungai Kahayan tidak dapat dijadikan sumber air bersih bagi masyarakat sekitar, hal ini karena kondisi sungai keruh secara fisik dan kandungan logam berat Fe yang melebihi ambang batas yaitu 5,59 mg/L.

Penelitian ini bertujuan (1) Mengetahui model rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu. (2) Mengetahui proses pembuatan arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu. (3) Mengetahui bagaimana pengaruh panjang isian media filter pada variasi panjang 5 cm, 10 cm, dan 15 cm dengan diameter tetap terhadap kandungan Fe pada inlet dan outlet filter. (4) Mengetahui tingkat efektivitas rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* model 4-D yang dikembangkan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel dan Melvyn I. Semmel. Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dan uji efektivitas. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu pengukuran dan pengamatan kandungan logam berat sebelum dan sesudah dimasukkan ke dalam rancang bangun penjernih air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Rancang bangun penjernih air terbagi atas dua bagian yaitu bagian penyangga dan bagian alat penjernih. Dalam alat penjernih terdapat satu buah tabung penjernih air yang terbuat dari botol kaca dan sebagai tempat media penjernih yaitu arang aktif. (2) Proses pembuatan arang aktif terdiri dari 3 tahap, yaitu tahap pengarangan (karbonisasi) pada suhu 700⁰C selama 1 jam, tahap penghalusan dan tahap aktivasi pada suhu 900⁰C selama 1 jam. (3) Variasi panjang isian tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Fe dikarenakan panjang isian arang aktif 5 cm sudah mampu menurunkan hampir keseluruhan logam berat Fe dan keterbatasan alat pengujian dan metode yang digunakan dalam pengujian logam berat Fe. (4) Efektivitas alat penjernih yang didapatkan menunjukkan persentase melebihi 90%, yang artinya alat penjernih ini efektif digunakan untuk menurunkan kadar logam berat Fe.

Kata Kunci: *Penjernih Air, Arang Aktif, Logam Berat Fe*

DESIGN OF WATER PURIFICATION CONTAMINATED BY HEAVY METAL Fe WITH ACTIVE CHARCOAL MEDIA FROM PALM SHELL AND BAMBOO WASTE

ABSTRACT

The Kahayan River is one of rivers that polluted by heavy metals in Central Kalimantan. The pollution of the Kahayan river is caused by human activities in the upper Kahayan River, namely gold mining. The Kahayan River cannot be used as a source of clean water for the surrounding community, this is because the river's physical condition is turbid and the heavy metal Fe content exceeds the threshold of 5.59 ppm.

The aim of this study (1) to know the design model of water purification that is contaminated with heavy metal Fe with activated charcoal from palm shell and bamboo waste. (2) to know the process of making activated charcoal from palm shell and bamboo waste. (3) to know how the effect of the filter media fill length on variations in length of 5 cm, 10 cm, and 15 cm with a fixed diameter on the Fe content in the filter inlet and outlet. (4) to know the level of effectiveness of water purification designs contaminated with heavy metal Fe with activated charcoal from palm shell and bamboo waste.

This study used Research Method and Development 4-D model developed by S.Thiagarajan, Dorothy S.Semmel and Melvyn I. Semmel. The data analysis technique used is descriptive qualitative and effectiveness test. Data collection techniques used are the measurement and observation of heavy metal content before and after being incorporated into the water purification design.

The result of this of study (1) The design of the water purifier is divided into two parts, namely the buffer and the purifier. In the purifier there is a water purification tube made of glass bottles and as a media for the purification that is activated charcoal. (2) The process of making activated charcoal consists of 3 stages, namely the combining stage (carbonization) at 700⁰C for 1 hour, the refining stage and the activation stage at 900⁰C for 1 hour. (3) Variation of fill length does not significantly affect the decrease of Fe heavy metal content because the length of active charcoal 5 cm is already able to reduce almost all Fe heavy metals and the limitations of the testing tools and methods used in testing heavy metals Fe. (4) The effectiveness of the purifier obtained shows a percentage exceeding 90%, which means that this purifier is effectively used to reduce levels of heavy metal Fe.

Key word: Water Purifiers, Activated Charcoal, Heavy Metals Fe

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena rahmat, nikmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan (S.Pd). Sholawat serta salam semoga tetap dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. H. Khairil Anwar, M.Ag, Rektor Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberi kesempatan pada penulis dalam memperoleh ilmu.
2. Ibu Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd, Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ibu Dr. Nurul Wahdah, M.Pd, Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan dan munaqasah skripsi.

4. Bapak H. Mukhlis Rohmadi, M.Pd, Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan dan munaqasah skripsi.
5. Ibu Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si, Ketua Program Studi Tadris Fisika sekaligus pembimbing I dan pembimbing akademik yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
6. Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, pembimbing II yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
7. Ibu Sri Fatmawati, M.Pd, selaku pembimbing terdahulu yang sekarang melanjutkan studi S3, selalu memberi motivasi dan meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan proposal penelitian.
8. Bapak Muh. Nasir, M.Pd, selaku pembimbing terdahulu yang sekarang melanjutkan studi S3, selalu memberi motivasi dan meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan proposal penelitian.
9. Bapak Rahmat Rudianto, S.Pd pengelola Laboratorium Fisika Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin peminjaman alat laboratorium untuk melaksanakan penelitian.

Penulis menyadari masih banyak keterbatasan dan kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palangka Raya, Februari 2020

Penulis,

Ridwan Ariyadi
NIM. 1501130335



MOTO

وَالى مَدِينَ أَخَاهُمْ شُعَيْبًا قَالَ يَا قَوْمِ اعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرُهُ قَدْ جَاءَتْكُمْ بَيِّنَةٌ
مِّن رَّبِّكُمْ فَأَوْفُوا الْكَيْلَ وَالْمِيزَانَ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تُفْسِدُوا فِي
الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ذَلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنْتُمْ مُّؤْمِنِينَ

Artinya: “Dan kepada penduduk Madyan, Kami (utus) Syuaib, saudara mereka sendiri. Dia berkata, “Wahai kaumku! Sembahlah Allah. Tidak ada tuhan (sembahan) bagimu selain Dia. Sesungguhnya telah datang kepadamu bukti yang nyata dari Tuhanmu. Sempurnakanlah takaran dan timbangan, dan jangan kamu merugikan orang sedikit pun. Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Itulah yang lebih baik bagimu jika kamu orang beriman.” (QS. Al-A’raf [7]: 85)



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sujud syukurku kusembahkan kepada Allah SWT. Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir-Mu telau Kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga terselesaikannya skripsi yang sederhana ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Sholawat serta salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi dan kukasihi.

Bapak dan Ibu tersayang

Sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Sriah) dan Bapak (Junianto) telah memberikan kasih sayang, ridho dan cinta kasih yang tiada terhingga. Beribu rasa terimakasih ku ucapkan atas dukungan dan kepercayaan yang telah Ibu dan Bapak berikan untuk menentukan jalan hidup yang ku mau. Terimakasih telah merawatku dari kecil hingga sekarang, terimakasih telah menjadi penyemangat disaat aku lelah, terimakasih telah menjadi pendengar segala keluh kesahku, terimakasih telah mengajarkanku arti hidup, terimakasih telah mengajarkanku bersyukur atas apa yang kita miliki, terimakasih telah berjuang menghidupi ku, terimakasih telah menjadi tempat untuk ku kembali, terimakasih telah menjadi orang tua ku. Semoga Allah SWT selalu

memberikan barokah, kesehatan dan panjang umur agar kelak engkau bisa melihatku sukses sebagai orang yang bermanfaat bagi siapapun.

Kakak, adik dan orang terdekatku

Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya ini untuk kakakku (Tiar Sita dan suami) sebagai orang tua kedua ku yang memberikan perhatian dan rasa sayang kepadaku. Kepada adik-adikku (Prisko Prasetyo dan Ayu Wulan Sari) terimakasih atas dukungan yang kalian berikan.

Dosen Tadris Fisika

Terimakasih saya ucapkan kepada Bapak dan Ibu dosen tadris fisika Ibu Sri Fatmawati, M.Pd, Ibu Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si, Ibu Luvia Ranggi Nastiti, S.Si, M.Pd, Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, Bapak Suhartono, M.Pd.Si, Bapak H. Mukhlis Rohmadi, M.Pd dan Bapak Muh. Nasir, M.Pd. terimakasih atas ilmu, pengalaman dan kenangan yang diberikan. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah Bapak dan Ibu berikan.



IAIN
PALANGKARAYA

DAFTAR ISI

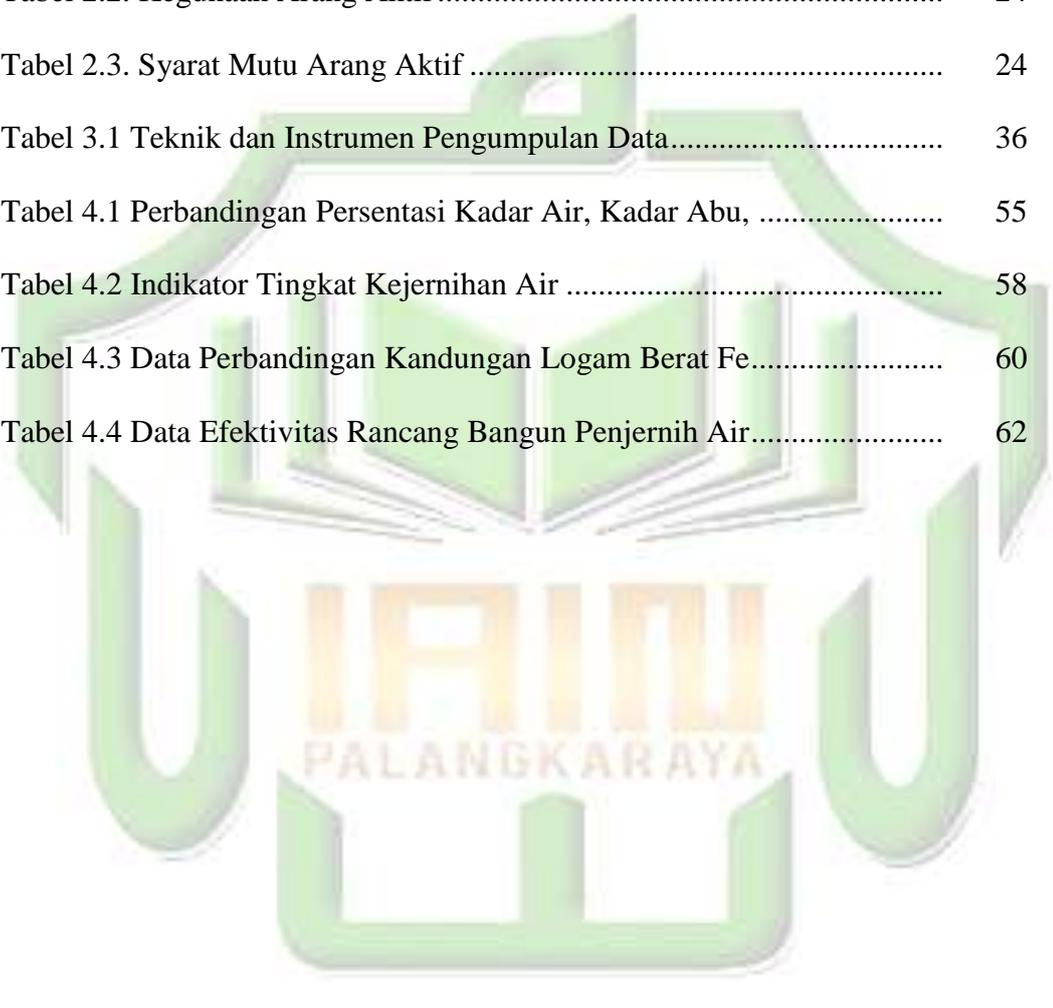
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
MOTO	xi
LEMBAR PERSEMBAHAN	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9
G. Spesifikasi Produk yang dikembangkan.....	9
H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	10
I. Definisi Operasional	11

J. Sistematika Penulisan	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA	14
A. Kerangka Teoritis	14
1. Pengertian Air	14
2. Air Sungai	15
3. Pencemaran Air Sungai	16
4. Arang aktif (Karbon Aktif)	21
5. Kegunaan Arang Aktif	23
6. Adsorpsi	25
B. Penelitian yang Relevan	27
C. Kerangka Berpikir	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Desain Penelitian	31
B. Prosedur Penelitian	31
C. Sumber Data dan Objek Penelitian	36
D. Teknik dan instrumen Pengumpulan Data	36
E. Uji Produk	37
F. Teknik Analisis Data	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil Penelitian	40
1. Proses Pembuatan Alat Penjernih Air	40
2. Pembuatan Arang Aktif	44
3. Pengujian Alat Penjernih Air	56
4. Efektivitas Alat Penjernih Air	62
B. Pembahasan	63
1. Pembuatan Alat Penjernih Air	63
2. Pembuatan Arang Aktif	65
3. Pengujian Alat Penjernih Air	71
4. Efektivitas Alat Penjernih Air	73
BAB V PENUTUP	74
A. Simpulan	74
B. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Pemantauan Kualitas Air Sungai Tahun 2015-2018	2
Tabel 2.1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas	18
Tabel 2.2. Kegunaan Arang Aktif	24
Tabel 2.3. Syarat Mutu Arang Aktif	24
Tabel 3.1 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	36
Tabel 4.1 Perbandingan Persentasi Kadar Air, Kadar Abu,	55
Tabel 4.2 Indikator Tingkat Kejernihan Air	58
Tabel 4.3 Data Perbandingan Kandungan Logam Berat Fe.....	60
Tabel 4.4 Data Efektivitas Rancang Bangun Penjernih Air.....	62



IAIN
PALANGKARAYA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kerangka Berpikir	30
Gambar 3.1. Prosedur Pengembangan 4-D	32
Gambar 3.2 Rancang Bangun Penjernih Air	34
Gambar 4.1. Bahan Pembuat Tabung Penjernih Air	40
Gambar 4.2. Tabung Penjernih Air	41
Gambar 4.3. Tabung Penampung Air	42
Gambar 4.4. Penyangga Alat Penjernih Air	43
Gambar 4.5. Realisasi Rancang Bangun Penjernih Air	43
Gambar 4.6. Bahan Arang Aktif	45
Gambar 4.7. Proses Pengarangan Bahan Arang Aktif	46
Gambar 4.8. Arang Aktif Bambu	47
Gambar 4.9. Arang Dengan Berbagai Ukuran	48
Gambar 4.10. Pengaktifan Arang	49
Gambar 4.11 Sampel Pengujian Arang Aktif	51
Gambar 4.12. Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap	53
Gambar 4.13. Sampel Arang Aktif Setelah Pengujian Kadar Abu	54
Gambar 4.14. Hasil Uji Kejernihan	57
Gambar 4.15. Perbandingan Inlet Dan Outlet Filter Sampel	58
Gambar 4.16. Hasil Uji pH (Keasaman)	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kadar Air Arang Aktif

Lampiran 2 Kadar Abu Arang Aktif

Lampiran 3 Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif

Lampiran 4 Kadar Karbon Terikat Arang Aktif

Lampiran 5 Lembar Validasi Ahli Desain

Lampiran 6 Laporan Hasil Uji Logam Berat

Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 8 Lembar Administrasi Penelitian

Lampiran 9 Data Diri



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan unsur yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan makhluk hidup (manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan). Tanpa pengembangan sumber daya air secara konsisten dapat dipastikan peradaban manusia tidak akan mencapai tingkat yang dinikmati sampai saat ini. Pengembangan dan pengelolaan sumber daya air menjadi dasar peradaban manusia (Sunaryo, 2005). Allah SWT berfirman:

وَلَمَّا سَأَلْتَهُمْ مَنْ نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا لَيَقُولُنَّ
اللَّهُ قُلِ الْحَمْدُ لِلَّهِ فَبَلَّ أَكْثَرُهُمْ لَا يَعْقِلُونَ □

Artinya : “Dan jika kamu bertanya kepada mereka, ”Siapakah yang menurunkan air dari langit lalu dengan (air) itu dihidupkannya bumi yang sudah mati?” Pasti mereka akan menjawab, ”Allah.” Katakanlah, ”Segala puji bagi Allah,” tetapi kebanyakan mereka tidak mengerti”. (Q.S. : Al-Ankabut [29] : 63)

Salah satu faktor penting penggunaan air dalam kehidupan sehari-hari adalah untuk memenuhi kebutuhan air minum. Air bersih merupakan air yang bebas dari mikroorganisme penyebab penyakit dan bahan kimia yang merugikan kesehatan manusia maupun makhluk hidup lainnya (Suripin, 2002). Air dengan kualitas yang kurang baik dalam jangka panjang dapat mengakibatkan penyakit keropos tulang, korosi gigi, anemia dan kerusakan

ginjal. Ini terjadi karena adanya logam-logam berat yang terlarut dalam air tersebut yang bersifat toksik (racun) (Sutrisno, 1987).

Sungai Kahayan merupakan salah satu contoh sungai yang tercemar logam berat yang ada di Kalimantan Tengah. Kandungan logam berat pada Sungai Kahayan tahun 2015-2018 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg terbesar 0,056 mg/L, logam berat As terbesar <0,0014 mg/L, logam berat Pb terbesar <0,0069 mg/L, logam berat Cd terbesar <0,002 mg/L, logam berat Cu terbesar 0,0064 mg/L dan kandungan logam berat terbesar Fe pada sampel air yang diambil lima tahun terakhir telah melebihi ambang batas, yang ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1.Data Pemantauan Kualitas Air Sungai Kahayan Tahun 2015-2018

Nama titik sampling	Jarak dari muara	Kandungan logam berat Fe (mg/L)								Batas maksimal parameter kelas I (mg/L)
		2015		2016		2017		2018		
		Feb	Agu	Feb	Agu	Mar	Nov	Feb	Jul	
Hanua	345,12 Km	0,01	0,61	1,99	*	0,63	*	2,65	1,64	0,3
Pelabuhan Tumbang Rungan	241,42 Km	0,02	0,51	2,4	7,52	0,36	3,53	2,9	2,41	0,3
Pelabuhan Pesawat MAF Palangka Raya	233,21 Km	2,22	0,38	1,97	6,34	0,56	3,50	3,02	2,44	0,3
Pelabuhan Rambang	229,59 Km	2,86	0,45	1,86	6,77	0,66	2,79	2,86	2,15	0,3
Pelabuhan PT.Pelindo	77,82 Km	*	*	*	5,59	*	*	*	*	0,3

Nama titik sampling	Jarak dari muara	Kandungan logam berat Fe (mg/L)								Batas maksimal parameter kelas I (mg/L)
		2015		2016		2017		2018		
		Feb	Agu	Feb	Agu	Mar	Nov	Feb	Jul	
Pulang Pisau										

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah, 2019.

Keterangan :

*: Parameter tidak diuji/ tidak diukur

Logam berat berbahaya bagi kehidupan organisme jika keberadaannya melebihi ambang batas. Logam-logam berat ini juga mengancam kesehatan manusia karena dapat menjadi senyawa toksik bila berada dalam tubuh manusia dan melampaui ambang batas (Wiyarsi, 2009). Pencemaran di muara Sungai Kahayan disebabkan oleh kegiatan manusia di hulu Sungai Kahayan yaitu penambangan emas. Kegiatan manusia di daerah hulu Sungai menyebabkan peningkatan konsentrasi logam berat di perairan muara Sungai (Harteman, 2008). Pencemaran perairan tersebut mengakibatkan kualitas air Sungai Kahayan tidak sesuai dengan peruntukannya (Setyawan, 2016).

Kondisi yang ada di lapangan, kebanyakan masyarakat yang tinggal di bantaran Sungai Kahayan menggunakan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari, seperti mencuci piring, mencuci pakaian dan untuk mandi. Masyarakat tidak menggunakan air sungai untuk dikonsumsi karena di sekitar sungai Kahayan banyak dibangun jamban serta kondisi air yang keruh secara fisik. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air, bahwa persyaratan air

minum berdasarkan parameter kimiawi untuk kandungan besi (Fe) kadar maksimum yang diperbolehkan tidak melebihi 0,3 mg/L. Senyawa besi (Fe) diperlukan tubuh dalam jumlah kecil sebagai pembentuk sel-sel darah merah yaitu 7-35 mg/hari yang sebagian besar diperoleh dari air. Zat Fe yang melebihi dosis menimbulkan masalah kesehatan bagi tubuh.

Fe dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh kerusakan dinding usus ini. Kadar Fe yang melebihi 1 mg/L menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Kelarutan besi dalam air yang melebihi 10 mg/L menyebabkan air berbau seperti telur busuk (Spanierman, 2011). Untuk mengurangi kadar logam berat Fe diperlukan alat penjernih air yang di dalamnya terdapat senyawa karbon amorph yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang dapat mengadsorpsi senyawa-senyawa kimia tersebut yaitu arang aktif (Jamilatun, 2014).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Jamilatun (2014) menunjukkan bahwa arang aktif dapat digunakan untuk mengadsorpsi senyawa-senyawa tertentu termasuk mengurangi kadar logam berat Fe. Arang aktif limbah tempurung kelapa sawit yang baik diperoleh pada suhu karbonisasi 700⁰C selama 60 menit, dengan ukuran arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh, diaktifasi pada suhu 900⁰C selama 1 jam, menghasilkan arang aktif dengan kondisi: Kadar air ; 0,50%, Kadar abu ; 10%, Kadar zat mudah menguap ; 59,13%, Kadar karbon terikat; 41%, Rendamen; 78,79%. Sedangkan arang aktif dari bambu memiliki hasil terbaik diperoleh pada suhu

700°C selama 60 menit dengan ukuran arang lolos 80 mesh, diaktifasi pada suhu 900°C selama 1 jam, menghasilkan arang aktif dengan kondisi: Kadar air ; 0,50%, Kadar abu ; 8%, Kadar zat mudah menguap ; 61,80%, Kadar karbon terikat; 38%, Rendamen; 68,64%.

Berdasarkan rancang bangun alat penjernih air (Setyobudiarso, 2014) yang menggunakan metode pengolahan koagulasi, flokulasi, filtrasi pasir aktif dan adsorpsi karbon aktif serta gabungan filtrasi pasir aktif dan adsorpsi karbon aktif pada air limbah cair laundry mampu menurunkan kekeruhan hingga batas maksimum air bersih. Air yang dihasilkan bukan merupakan air bersih tetapi aman untuk di buang di lingkungan. Peneliti tertarik untuk mengembangkan rancang bangun alat penjernih air yang dapat mengurangi logam berat Fe. Upaya untuk mengurangi kadar logam berat Fe diperlukanlah pengembangan rancang bangun alat penjernih air dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu. Karena arang aktif dari kedua bahan tersebut telah memenuhi Standar Indonesia (SI) maka diharapkan alat penjernih air ini dapat mengikat logam berat Fe pada sampel air tercemar logam berat Fe. Permasalahan ini akan dibahas dalam penelitian yang berjudul **“Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu”**.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sungai Kahayan merupakan sungai yang tercemar logam berat Fe yang disebabkan oleh kegiatan penambangan emas masyarakat yang ada di hulu sungai Kahayan.
2. Logam berat berbahaya bagi kehidupan organisme jika keberadaannya melebihi ambang batas dan logam berat ini juga mengancam kesehatan manusia karena dapat menjadi senyawa toksik bila berada dalam tubuh manusia dan melampaui ambang batas.
3. Kondisi fisik yang keruh dan aktivitas masyarakat sekitar sungai Kahayan seperti buang air besar di sungai menjadi penyebab masyarakat tidak menggunakan air sungai Kahayan sebagai sumber air minum.
4. Arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu sebagai adsorben dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat Fe yang ada di sungai Kahayan.
5. Hasil produk yang dikembangkan berupa rancang bangun alat penjernih air yang didalamnya terdapat arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu diharapkan mampu mengurangi kadar logam berat Fe yang ada di sungai Kahayan.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air yang digunakan adalah sampel air buatan sesuai dengan kondisi nyata dilapangan (pada titik sampling pelabuhan PT. Pelindo Pulang Pisau, dengan kandungan Fe 5,59 mg/L).

2. Filter yang digunakan adalah filter dengan skala laboratorium dengan media filter arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.
3. Arang aktif tempurung kelapa sawit yang digunakan adalah arang aktif dengan ukuran serbuk lolos pada 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh dengan kondisi: Kadar air; 0,50%, Kadar abu; 10%, Kadar zat mudah menguap; 59,13%, Kadar karbon terikat; 41%, Rendamen; 78,79%.
4. Arang aktif bambu yang digunakan adalah arang aktif dengan ukuran serbuk lolos 80 mesh dengan kondisi: Kadar air; 0,50%, Kadar abu; 8%, Kadar zat mudah menguap; 61,80%, Kadar karbon terikat; 38%, Rendamen; 68,64%.
5. Parameter yang diteliti adalah logam berat Fe.
6. Standar yang digunakan dalam penelitian hanya berfokus pada penurunan kadar Fe.
7. Pengujian logam berat menggunakan *Automic Absorption Spectrophotometer (AAS) ZA3000* yang ada di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dibuatlah perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah model rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu?

2. Bagaimanakah proses pembuatan arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi panjang isian media filter pada diameter tetap terhadap kandungan Fe pada inlet dan outlet filter?
4. Bagaimana tingkat efektivitas rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui model rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.
2. Mengetahui proses pembuatan arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.
3. Mengetahui pengaruh panjang isian media filter pada variasi panjang 5 cm, 10 cm dan 15 cm dengan diameter tetap terhadap kandungan Fe pada inlet dan outlet filter.
4. Mengetahui tingkat efektivitas rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Agar dapat diketahui pengaruh variasi panjang isian arang aktif terhadap penurunan kadar Fe pada sampel.
2. Sebagai alternatif pengolahan air yang murah dan dapat dipergunakan pada rumah-rumah.
3. Sebagai salah satu informasi kepada masyarakat mengenai salah satu alternatif penurunan konsentrasi Fe dalam dengan media arang aktif limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.
4. Sebagai salah satu alternatif upaya pemecahan masalah pencemaran air bagi peserta didik dalam pembelajaran materi pencemaran air IPA kelas VII.

G. Spesifikasi Produk yang dikembangkan

Produk yang dikembangkan berupa rancang bangun alat penjernih air dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Alat penjernih air terdiri dari dua bagian, yaitu bagian penyangga dan bagian alat penjernih.
2. Alat penjernih ini terdiri dari satu buah penampung air dan satu buah tabung botol kaca tempat media arang aktif. Penggunaan tabung botol kaca karena botol kaca lebih kuat terhadap tekanan dan juga transparan sehingga proses didalamnya dapat diamati.

3. Penampung air yang digunakan yaitu 1 buah galon air yang dimodifikasi agar kedap udara dan tahan terhadap tekanan. Penampung ini digunakan untuk menampung air yang tercemar logam berat Fe.
4. Arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu digunakan sebagai media untuk penjernih air yang tercemar logam berat, arang aktif di masukan kedalam tabung yang terbuat dari dua buah botol kaca sirup 2 inch yang panjangnya 1 meter dan diletakkan di bawah penampung air yang tercemar.
5. Arang aktif yang diletakkan didalam botol kaca merupakan campuran dari arang limbah tempurung kelapa sawit dan bambu dengan perbandingan 1:1.
6. Alat penjernih air disusun sedemikian rupa dan dihubungkan satu sama lain menggunakan pipa PVC 1 inch.
7. Digunakan kompresor untuk memberikan tekanan pada air yang ada di penampung air yang tercemar logam berat sehingga dapat melewati tabung yang didalamnya terdapat arang aktif hingga air mengalir ke wadah penampung air bersih.

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Penelitian mengenai rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu, peneliti berasumsi bahwa :

1. Arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu merupakan arang aktif yang sesuai dengan Standar Industri Indonesia (SNI 06-3730-1995).
2. Alat penjernih air yang dikembangkan sudah layak untuk di uji coba.

Disamping berasumsi, peneliti juga merasa bahwa dalam penelitiannya mengalami keterbatasan-keterbatasan meliputi:

1. Rancang bangun alat penjernih air dengan media arang aktif dari tempurung kelapa sawit dan bambu dalam penelitian ini dibatasi hanya untuk menurunkan 1 parameter logam berat yaitu Fe.
2. Pembuatan arang aktif sebagai media penjernih air memerlukan biaya banyak.
3. Pengujian hasil penjernih air berupa penurunan kadar logam berat memerlukan biaya yang tidak sedikit.
4. Pembuatan rancang bangun penjernih air masih berskala terbatas hanya mampu menampung 19 liter air satu kali kegiatan penjernihan.

I. Definisi Operasional

Untuk menghindari kerancuan dan mempermudah pembahasan tentang beberapa definisi konsep dalam penelitian ini, maka perlu adanya penjelasan sebagai berikut:

1. Rancang bangun penjernih air adalah suatu rancangan alat yang digunakan untuk menjernihkan air yang tercemar.

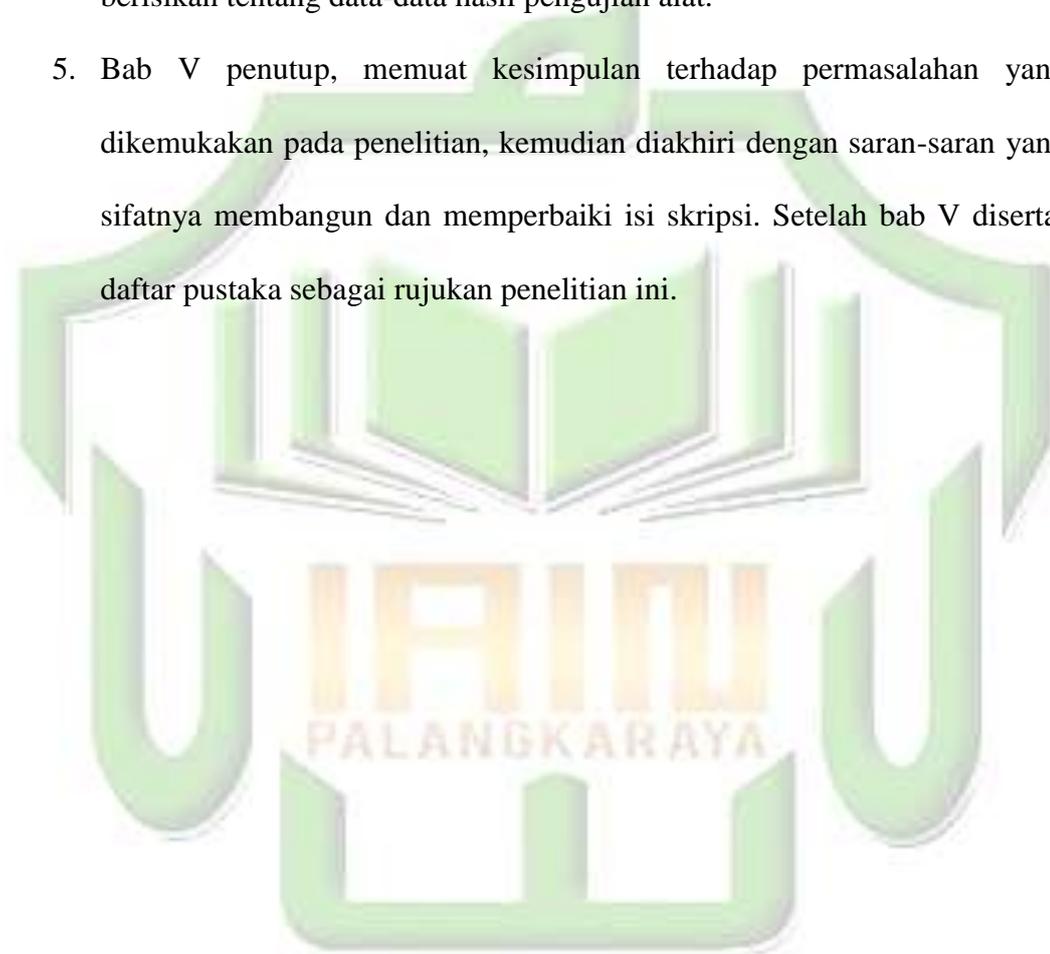
2. Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang mempunyai simbol Fe dengan nomor atom 26 dan massa jenis $7,86 \text{ g/cm}^3$.
3. Arang aktif adalah suatu padatan berpori yang terbuat dari bahan yang mengandung karbon dan berfungsi sebagai adsorben.
4. Arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit adalah arang yang terbuat dari limbah tempurung kelapa sawit dan telah diaktivasi sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben.
5. Arang aktif dari bambu adalah arang aktif yang terbuat dari bambu dan telah diaktivasi menggunakan zat kimia tertentu sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben.

J. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, spesifikasi produk yang dikembangkan, asumsi dan keterbatasan pengembangan, definisi operasional dan sistematika penulisan.
2. Bab II kajian pustaka berisi tentang kerangka teoritis, penelitian yang relevan dan kerangka berpikir.

3. Bab III metode penelitian berisi tentang desain penelitian, prosedur penelitian, sumber data dan objek penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, uji produk, dan teknik analisis data.
4. Bab IV hasil penelitian, membahas tentang hasil penelitian berupa analisis data dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah yang berisikan tentang data-data hasil pengujian alat.
5. Bab V penutup, memuat kesimpulan terhadap permasalahan yang dikemukakan pada penelitian, kemudian diakhiri dengan saran-saran yang sifatnya membangun dan memperbaiki isi skripsi. Setelah bab V disertai daftar pustaka sebagai rujukan penelitian ini.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kerangka Teoritis

1. Pengertian Air

Pengertian air adalah cairan jernih tidak bewarna, tidak berasa, dan tidak berbau yang terdapat dalam kehidupan manusia sehari-hari, sedangkan pengertian air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak (No.416/MEN.KES/PER/IX/1990, 1990). Pengertian air minum menurut *Kepmenkes RI No.907/MENKES/SK/VII/2002* adalah air yang memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik) yang dapat langsung diminum baik yang melalui proses pengolahan terlebih dahulu ataupun tanpa melalui proses pengolahan.

Ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang manfaat air bagi kehidupan adalah (QS: Ar-ra'd [13] : 17) :

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَهُۥ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حُلِيَّةٍ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِّثْلَهُ ۗ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ ۗ ؕ فَاَمَّا الزَّبَدُ فَيَذٰهَبُ جُفَاءً وَّامَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْاَرْضِ ۗ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْاَمْثَالَ ۗ

Artinya: "Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah ia (air) di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti (buih arus) itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan tentang yang benar dan yang batil. Adapun buih, akan

hilang sebagai sesuatu yang tidak ada gunanya; tetapi yang bermanfaat bagi manusia, akan tetap ada di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan”.

Ayat di atas menjelaskan bahwa air sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Salah satu manfaat yang bisa diambil adalah menggunakan air untuk dikonsumsi dan memenuhi kebutuhan hidup manusia.

2. Air Sungai

Air sungai termasuk kedalam air permukaan yang digunakan oleh masyarakat untuk mencuci, mandi, sumber air minum dan juga pengairan sawah. Menurut Hendrawan (2005), sungai banyak digunakan untuk keperluan manusia seperti tempat penampungan air, sarana transportasi, pengairan sawah, keperluan peternakan, keperluan industri, perumahan, daerah tangkapan air, pengendali banjir, ketersediaan air, irigasi, tempat memelihara ikan dan juga sebagai tempat rekreasi.

Sungai Kahayan adalah sungai terpanjang di kota Palangka Raya provinsi Kalimantan Tengah. Sungai Kahayan terletak di daerah tangkapan air pada $113^{\circ}30'00'' - 114^{\circ}30'00''$ BT dan $0^{\circ}45'00'' - 2^{\circ}15'00''$ LU dan bermuara di Laut Jawa. Sungai ini panjangnya mencapai 600 km dan melewati lebih dari 60 desa di 2 Kabupaten dan satu Kotamadya (Panda, 2003).

3. Pencemaran Air Sungai

Pencemaran air adalah penurunan kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi tidak atau sudah tidak berfungsi sesuai peruntukannya karena masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain kedalam air serta berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau proses alam (KEP-02/MENKLH/I/1988, 1988).

Indikator air lingkungan yang telah tercemar menurut (Fardiaz, 1992) yaitu adanya perubahan atau tanda yang dapat teramati secara fisik, kimiawi dan biologis, digolongkan menjadi:

- a. Pengamatan secara fisik, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna, bau dan rasa.
- b. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH.
- c. Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada di dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Logam berat adalah logam yang mempunyai densitas lebih besar dari 5 gr/cm^3 . Sifat dari logam berat yaitu beracun, terakumulasi dalam tubuh organisme, sulit mengalami degradasi. Pada konsentrasi tinggi, logam berat bersifat toksik karena sukar terurai. Apabila logam berat

masuk perairan, akan terakumulasi terutama dalam sedimen dan terikat sebagai senyawa organik dan anorganik (Gadd, 1990).

Logam berat masuk dalam perairan melalui air hujan, aliran air permukaan, erosi korofikasi batuan mineral, dan berbagai kegiatan manusia seperti aktivitas industri, pertambangan, pengolahan atau penggunaan logam dan bahan yang mengandung logam. Kelarutan logam berat dalam air bisa berubah menjadi lebih tinggi atau lebih rendah, tergantung kondisi lingkungan perairan. Pada perairan yang kekurangan oksigen akibat tingginya konsentrasi bahan organik, kelarutan beberapa jenis logam seperti Zn, Cd, Pb dan Hg semakin rendah dan lebih mudah mengendap. Logam berat yang masuk ke sistem perairan baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses, yaitu pengendapan, adsorbs dan absorbs oleh organisme-organisme perairan (Zubayr, 2009)

Logam berat memiliki kriteria yang sama dengan golongan logam lainnya. Perbedaan terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Contohnya adalah air raksa/merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan kromium (Cr). Logam-logam tersebut belum diketahui manfaatnya dalam tubuh sehingga bersifat racun dan disebut dengan logam nonesensial. Namun, meski semua logam berat

dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit dan jika tidak terpenuhi dan berlebihan akan berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup organisme. Contohnya adalah tembaga (Cu), zink (Zn), Nikel (Ni), Besi (Fe), dan magnesium (Mg), logam-logam ini disebut dengan logam esensial (Palar, 1994).

Berdasar (PPRI No. 82, 2001) tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	⁰ C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	Mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	Mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	Mg/L	2	3	6	12	
COD	Mg/L	10	25	50	100	
DO	Mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Total Fosfat sbg P	Mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sbg N	Mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	Mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH ₃
KIMIA ANORGANIK						
Arsen	Mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	Mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	Mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	Mg/L	1	1	1	1	
Selenium	Mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	Mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	Mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	Mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	Mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	Mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	Mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	Mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	Mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	Mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	Mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Flourida	Mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sbg N	Mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum konvensional, NO ₂ -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	Mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	Mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
						dipersyaratkan
Belerang sbg H ₂ S	Mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						
Focal coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, focal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-A	Bg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bg/l	1	1	1	1	

Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas :

- 1) Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 2) Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan air, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 3) Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- 4) Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

Keterangan :

mg = milligram

ml = milliliter

L = liter

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan
Tanda $<$ adalah lebih kecil

Logam berat yang ada pada sungai Kahayan yang akan dijadikan variabel dalam penelitian ini adalah logam berat Besi (Fe). Tabel daftar persyaratan kualitas air minum menunjukkan bahwa kandungan tembaga maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,3 mg/L.

4. Arang aktif (Karbon Aktif)

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi.

Arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif. Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara

khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara $300 - 3500 \text{ m}^2/\text{gram}$ dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif (Sembiring, 2003).

Arang aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya. Sumber bahan baku dan proses yang berbeda akan menghasilkan kualitas karbon aktif yang berbeda. Sumber bahan baku karbon aktif terdiri dari kayu, ampas tebu, kulit buah, batok kelapa, batubara muda dan sisa bahan bakar minyak (Reynold, 1982).

Arang aktif adalah arang yang mampu menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun an-organik baik sebagai larutan maupun gas. Kemampuan ini diantaranya disebabkan karena selain arang tersebut berpori juga permukaannya telah bebas dari deposit senyawa hidrokarbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembentukan pori dan penghilangan senyawa hidrokarbon adalah suhu reaktor, lama aktivasi, bahan kimia dan perlakuan bahan baku. Proses pembuatan arang aktifnya sendiri dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara

kimia, oksidasi gas dan cara pemanasan langsung terhadap bahan baku pada suhu tinggi (Pari, 1996).

Arang aktif limbah tempurung kelapa sawit berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Purwanto, 2011) mutu arang aktif yang baik (nilai kalor dan kadar karbon yang tinggi, kadar air rendah, kadar abu dan zat terbang cukup rendah) maka suhu pengarangan dapat digunakan antara $500^{\circ} - 600^{\circ} \text{C}$, dengan waktu pengarangan 2-3 jam.

5. Kegunaan Arang Aktif

Arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri (pengolahan air, makanan dan minuman, rokok, bahan kimia, sabun, lulur, sampo, cat dan perekat, masker, alat pendingin, otomotif), kesehatan (penyerap racun dalam saluran cerna dan obat-obatan), lingkungan (penyerap logam dalam limbah cair, penyerap residu pestisida dalam air minum dan tanah, penyerap emisi gas beracun dalam udara, meningkatkan total organik karbon tanah, mengurangi biomassa mikroba dan agregasi tanah) dan pertanian (meningkatkan keberhasilan perbanyakan tanaman secara kultur jaringan dan kesuburan media tanaman serta mencegah pembusukan akar) (Lempang, 2014).

Tabel 2.2. Kegunaan Arang Aktif

Maksud/Tujuan	Pemakaian
I.Untuk Gas	
1.Pemurnian Gas	Desulfurisasi, menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, menyerap racun.
2.Pengolahan LNG	Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.
3.Katalisator	Reaksi katalisator atau pengangkut viil klorida, dan vinil asetat.
4.Lain-lain	Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil.
II.Untuk Zat Cair	
1.Industri obat dan makanan	Menyaring dan menghilangkan warna, bau, rasa yang tidak enak pada makanan.
2.Minuman ringan, minuman keras	Menghilangkan warna, bau pada arak/minuman keras dan minuman ringan.
3.Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah, zat perantara.
4.Pembersih air	Menyaring/menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat/penyulingan air.
5.Pembersih air buangan	Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemar, warna, bau, logam berat.
6.Penambakan udang dan benur	Pemurnian, menghilangkan bau, dan warna.
7.Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil asetat dan lain-lain.
III.Lain-lain	
1.Pengolahan pulp	Pemurnian, menghilangkan bau
2.Pengolahan pupuk	Pemurnian
3.Pengolahan emas	Pemurnian
4.Penyaringan minyak makan dan glukosa	Menghilangkan bau, warna, dan rasa tidak enak.

Menurut Standar Industri Indonesia (SNI 06-3730-1995) persyaratan arang aktif adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3. Syarat Mutu Arang Aktif

Parameter Mutu	Syarat Mutu Karbon Aktif
Kadar Air	15 %
Kadar Abu	10%
Kadar Zat Mudah Menguap	15%

Parameter Mutu	Syarat Mutu Karbon Aktif
Kadar Karbon Terikat	65%
Penyerapan Iodium	200 mg/g

6. Adsorpsi

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu jerapan secara fisika (fisiosorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisiosorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya *van der waals*. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Casstellan, 1982). Proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati melalui gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atknis, 1999).

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut: (Reynold, 1982).

a. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

b. Jenis Adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik-menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar); Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

c. Struktur Molekul Adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan, sedangkan nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

d. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

e. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka. Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

f. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

g. Kecepatan Pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

h. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

i. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- 1) Tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan)
- 2) Ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif)
- 3) Ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- 4) Konsentrasi ion logam.

B. Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian yang relevan sebelumnya yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Setyobudiarso (2014) tentang rancang bangun alat penjernih air limbah cair laundry dengan menggunakan media penyaring kombinasi pasir-arang aktif. Penelitian Fadhillah dan Wahyuni (2016) tentang efektivitas penambahan karbon aktif

cangkang kelapa sawit (*elaeis guineensis*) dalam proses filtrasi air sumur, serta penelitian Andi Syahputra dan Sugianto (2015) tentang rancang bangun alat penjernih air yang tercemar logam berat Fe, Cu, Zn dalam skala laboratorium.

Rancang bangun yang digunakan pada penelitian ini merupakan pengembangan penelitian Setyobudiarso (2014), yaitu dengan mengganti media penyaring yang dikhususkan pada arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu serta mengurangi jumlah tabung media penyaring menjadi satu tabung sesuai penelitian yang berhasil dilakukan oleh Fadhillah dan Wahyuni (2016) serta Andi Syahputra dan Sugianto (2015).

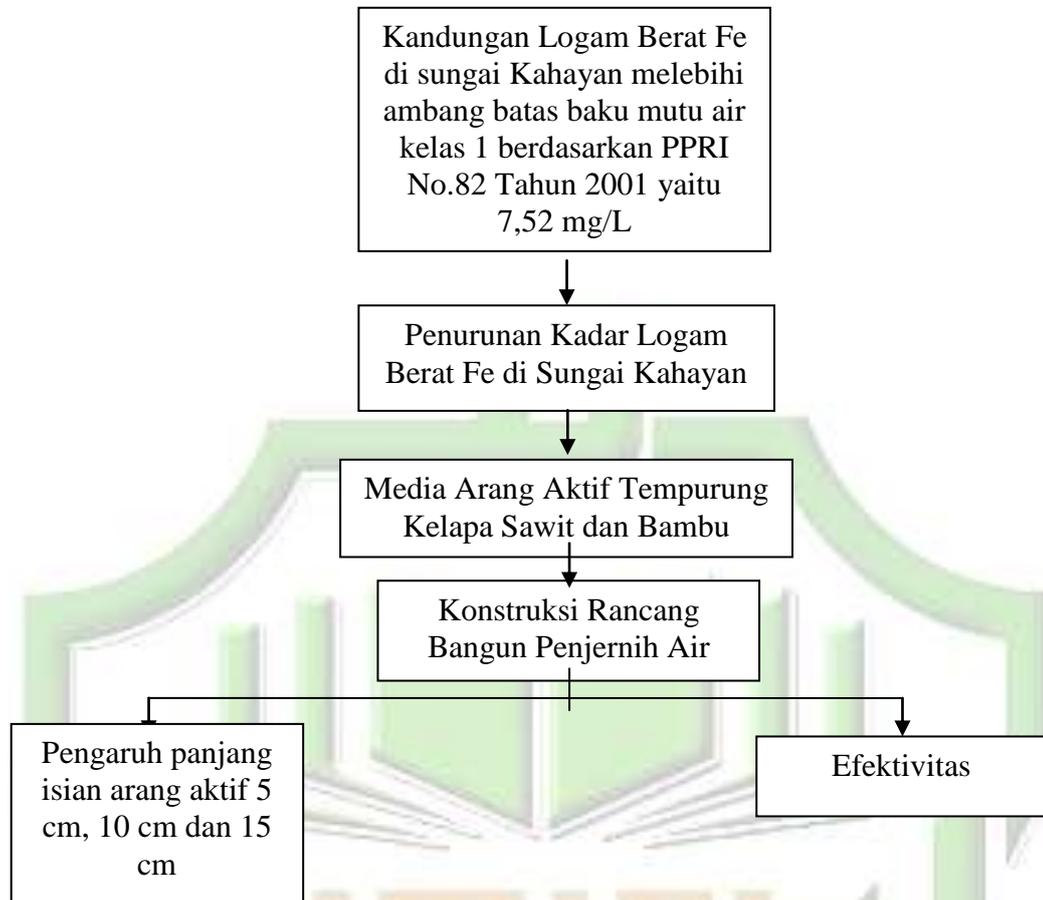
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar logam berat Fe di Sungai Kahayan. Persamaan penelitian ini adalah mengkaji tentang rancang bangun penjernih air dengan metoda adsorpsi arang aktif.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada rancang bangun dan media yang di gunakan. Penelitian ini hanya menggunakan satu pipa sebagai tempat media penjernih, dan memodifikasi penampung air sehingga kedap udara dan tahan terhadap tekanan, jika penelitian sebelumnya media yang digunakan adalah pasir dan arang aktif maka untuk penelitian ini hanya menggunakan arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu. Sampel yang di gunakan pada penelitian ini adalah sungai yang tercemar logam berat Fe sedangkan penelitian sebelumnya sampel yang digunakan adalah limbah cair laundry.

C. Kerangka Berpikir

Upaya penurunan kadar logam berat Fe yang ada di Sungai Kahayan digunakan media arang aktif Kelapa Sawit dan Bambu yang di susun dalam suatu kontruksi rancang bangun alat penjernih air. Sifat dari media arang aktif sebagai adsorben diharapkan dapat mengurangi kadar logam berat Fe. Variasi panjang isian media arang aktif pada rancang bangun alat penjernih air yang dikembangkan, diharapkan juga mampu mempengaruhi penurunan kadar logam berat Fe.





Gambar 2.1. Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development* model 4-D. Model 4-D (*Four D*) dikembangkan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel dan Melvyn I. Semmel. Model pengembangan 4-D terdiri atas 4 tahap utama, yaitu : *Define* (pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develope* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran). Metode dan model ini dipilih karena bertujuan untuk menghasilkan produk berupa rancang bangun penjernih air dan menguji keefektifan produk tersebut (Thiagarajan, 1974). Tahap pengembangan 4-D dijelaskan pada gambar 3.1.

B. Prosedur Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah pengembangan model 4-D di atas maka prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian berguna untuk menentukan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam proses pengumpulan berbagai informasi yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Dalam tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, yaitu :

melakukan observasi kepada masyarakat sekitar sungai Kahayan mengenai kondisi sungai Kahayan.

b) Analisis Sampel

Analisis sampel sangat penting dilakukan pada awal perencanaan. Analisis sampel dilakukan dengan cara menganalisis kandungan logam berat sampel (air sungai Kahayan) berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah dari tahun 2015-2018. Analisis sampel ini meliputi analisis jumlah kandungan logam berat yang ada di air sungai Kahayan yang melebihi ambang batas maksimum sesuai dengan (PPRI No. 82, 2001). Didapatkan logam berat tertinggi di sungai Kahayan adalah Fe yaitu 5,59 mg/L sampai 7,524 mg/L, selanjutnya membuat sampel sesuai dengan kondisi lapangan.

c) Analisis Literatur

Analisis literatur bertujuan untuk mencari literatur terkait dengan pengembangan. Literatur yang berkaitan dengan produk yang dikembangkan yaitu rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat dan arang aktif dari referensi jurnal penelitian dan buku-buku penelitian yang sesuai.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan ini peneliti mulai membuat rancang bangun penjernih air yang akan dikembangkan sesuai analisis yang dilakukan sebelumnya. Kegiatan yang dilakukan adalah:

- a) Pemilihan produk, dari hasil analisis yang telah dilakukan maka produk yang dipilih berupa rancang bangun penjernih air.
- b) Pemilihan rancangan, yaitu mendesain pemilihan produk yang dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya.
- c) Rancangan awal, rancangan awal yang dibuat berupa desain gambar rancangan penjernih air sebagai rancangan produk yang akan dikembangkan. Gambar rancangan penjernih air terdapat pada gambar 3.2.
- d) Rancangan terdiri dari dua buah bak penampung dan empat tabung kaca yang berisi arang aktif. Tabung arang aktif mampu untuk mengikat logam berat Fe pada sampel air, sehingga semakin banyak tabung arang aktif yang digunakan maka kandungan logam berat Fe yang terserap semakin besar.



Gambar 3.2. Rancang Bangun Alat Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan bambu (Pengembangan Setyobudiarso, 2014)

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan produk rancang bangun penjernih air yang sudah direvisi berdasarkan masukan ahli. Terdapat tiga langkah dalam tahapan ini yaitu sebagai berikut:

- a) Realisasi Alat, rancangan produk yang telah direvisi berdasarkan masukan ahli dan uji coba skala terbatas yaitu uji kejernihan kemudian mulai direalisasikan sehingga terbentuk rancang bangun alat penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.
- b) Pengujian, setelah produk terealisasi maka produk siap di uji coba dengan skala terbatas di laboratorium fisika lanjut dan balai laboratorium kesehatan provinsi kalimantan tengah. Hasil uji coba produk jika berhasil maka akan ke tahap berikutnya yaitu tahap analisis, jika tidak berhasil kembali ke tahap desain alat.
- c) Analisis, tahap ini untuk menganalisis efisiensi dan efektivitas produk.

4. Tahap Penyebaran(*Diseminate*)

Setelah revisi, uji coba terbatas dan analisis, tahap selanjutnya adalah tahap penyebaran. Tujuan dari tahap ini adalah menyebarkan dan mempromosikan produk akhir secara terbatas kepada laboratorium fisika di IAIN Palangka Raya.

C. Sumber Data dan Objek Penelitian

Sumber data pada penelitian ini diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan kualitas air sungai Kahayan berdasarkan parameter kandungan logam berat Fe yang dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah yang di sebut sebagai data primer. Data sekunder dalam penelitian ini berupa data kandungan logam berat sungai Kahayan yang diperoleh dari jurnal penelitian. Objek penelitian adalah rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.

D. Teknik dan instrumen Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian dan pengembangan ini menggunakan beberapa teknik dan instrumen pengumpulan data yang terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

No.	Data	Teknik Pengumpulan Data	Instrumen Pengumpulan Data
1.	Primer	Pengukuran dan pengamatan kandungan logam berat sampel air di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah	Lembar Observasi
2.	Efektivitas	Pengukuran dan pengamatan	Lembar observasi

No.	Data	Teknik Pengumpulan Data	Instrumen Pengumpulan Data
		kandungan logam berat sungai Kahayan sebelum dan sesudah dimasukkan kedalam rancang bangun penjernih air di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah	

E. Uji Produk

Uji coba produk sangat penting dilakukan untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan. Uji produk dilakukan setelah rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu terealisasi. Uji coba produk dalam penelitian ini menggunakan uji coba skala kecil. Uji coba skala kecil dilakukan di Laboratorium Fisika IAIN Palangka Raya dan hasil uji coba di analisis di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan data primer dan efektifitas rancang bangun penjernih air yang dikembangkan. Tujuan teknik analisis data untuk mendapatkan rancang bangun penjernih air yang layak digunakan dan berkualitas serta efektif berdasarkan data yang sesuai dengan jenis datanya. Teknik analisis data yang digunakan yaitu kualitatif deskriptif dan uji efektivitas.

Lembar observasi digunakan untuk mendapatkan hasil uji atau pemeriksaan sampel air sungai Kahayan di lapangan yang dilakukan melalui pemeriksaan kandungan logam berat di beberapa titik lokasi pengambilan sampel. Analisis observasi untuk mendapatkan efektivitas produk menggunakan persamaan regresi dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Membuat sampel air yang tercemar logam berat Fe dengan kandungan logam tertinggi yaitu 5,59 mg/L sesuai dengan data Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah. Penulis membuat sampel air yang tercemar logam berat Fe dengan kadar Fe 5,59 mg/L dengan cara mengencerkan larutan standar Fe 1000 ppm, menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (3.1)$$

Keterangan:

V_1 = volume larutan standard yang diencerkan

V_2 = volume larutan pengenceran

M_1 = konsentrasi larutan yang diencerkan

M_2 = konsentrasi larutan pengenceran

Sampel yang telah dibuat berdasarkan rumus pengenceran kemudian di uji di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah untuk memastikan bahwa sampel air yang tercemar logam berat Fe yang telah dibuat tepat 5,59 mg/L.

- 2) Memasukan sampel ke rancang bangun penjernih air, kemudian melakukan pemeriksaan kandungan logam berat Fe.
- 3) Menentukan pengaruh kandungan logam berat Fe sebelum dan sesudah dimasukan kedalam rancang bangun penjernih air terhadap variasi ketebalan arang aktif.
- 4) Menghitung effluent dari hasil penyaringan/pengolahan dianalisa di laboratorium dan untuk mengetahui efektivitas rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu, dihitung dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

E = Efektivitas

C_1 = kandungan Fe sebelum penyaringan

C_2 = kandungan Fe sesudah penyaringan

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Proses Pembuatan Alat Penjernih Air

Terdapat dua bagian dalam pembuatan alat penjernih air ini, pertama yaitu bagian penyangga dan bagian alat penjernih itu sendiri. Dalam tahap awal pembuatan alat penjernih air peneliti terlebih dahulu membuat tabung penjernih air yang didalamnya akan diisi dengan arang aktif. Tabung penjernih air yang digunakan berasal dari botol kaca sirup, bahan ini dipilih karena transparan dan juga kuat terhadap tekanan. Bahan yang transparan memudahkan peneliti untuk mengamati proses yang terjadi di dalam alat penjernih. Berikut merupakan proses dari pembuatan tabung penjernih air.



Gambar 4.1. Bahan Pembuat Tabung Penjernih Air

Gambar 4.1 merupakan bahan pembuat tabung penjernih air yaitu botol kaca sirup, penyambung pipa drat luar dan drat dalam 2 inch. Bahan-bahan yang sudah siap kemudian dilakukan proses selanjutnya, yaitu melubangi kedua botol kaca dengan mata bor 40 mm. Mata bor yang digunakan adalah mata bor khusus untuk kaca. Proses pengeboran harus menggunakan kecepatan bor yang konstan.



Gambar 4.2. Tabung Penjernih Air

Gambar 4.2 botol kaca yang telah di lubangi kemudian disambungkan dengan penyambung pipa 2 inch drat luar dan drat dalam

dan dilem resin. Botol yang telah disambungkan dengan penyambung pipa drat luar dan drat dalam kemudian di cek kebocorannya dengan memasukan air kedalam botol tersebut. Apabila masih bocor maka perlu dilem kembali.



Gambar 4.3. Tabung Penampung Air

Gambar 4.3 tabung penampung air dari galon air minum 20 liter. Bagian bawah galon air di bor dan dihubungkan dengan pipa yang dibentuk U. Di kedua bagian pipa digunakan untuk memasukan air dan memberi tekanan.



Gambar 4.4. Penyangga Alat Penjernih Air



Gambar 4.5. Realisasi Rancang Bangun Penjernih Air

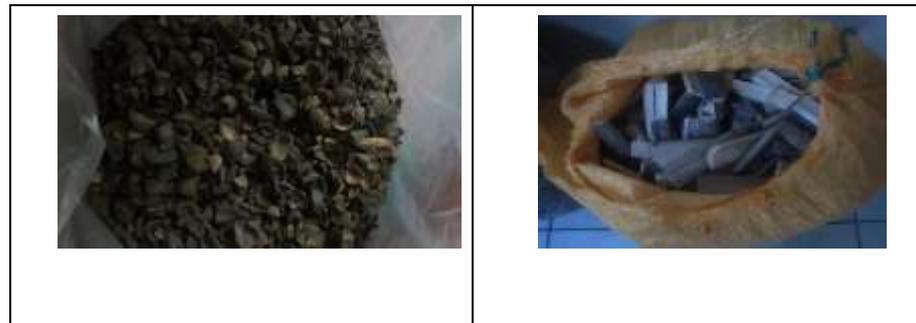
Gambar 4.4 pembuatan penyangga terbuat dari besi siku dengan panjang 12 meter. Besi siku kemudian dipotong untuk menentukan

dimensi dan ukuran penyangga alat penjernih air. Penyangga alat penjernih yang telah dirangkai seperti pada Gambar 4.4. Alat penjernih air yang telah dirakit pada Gambar 4.5 kemudian divalidasi oleh ahli desain. Rancang bangun penjernih air pada penelitian divalidasi oleh ahli desain dengan empat indikator, yaitu desain produk, ketahanan produk, penggunaan produk dan perawatan produk. Masing-masing indikator memuat butir indikator, secara keseluruhan ada 13 butir indikator. Hasil validasi oleh ahli desain menunjukkan angka 57 dari skor minimal 13 dan skor maksimal 65. Angka ini menunjukkan hasil rancangan penjernih air sangat baik dan layak digunakan sebagai penjernih air.

2. Pembuatan Arang Aktif

a. Proses Pembuatan Arang Aktif

Prosedur pembuatan arang aktif ini menggunakan prosedur yang dikembangkan oleh Alpian (2018) yang mengemukakan bahwa pembuatan arang aktif terdiri dari beberapa tahap, yaitu tahap pengarangan (karbonisasi), tahap penghalusan, dan tahap pengaktifan. Arang aktif yang digunakan terbuat dari dua jenis bahan yang berbeda, yaitu limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.



Gambar 4.6. Bahan Arang Aktif

Gambar 4.6 menunjukkan bahan yang akan dijadikan arang aktif, bahan terlebih dahulu dibersihkan dan dikeringkan. Tahap berikutnya bahan ditimbang massanya dan diarangkan (karbonisasi).

1. Tahap Pengarangan

Karbonisasi/pengarangan adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. (Hassler, 1951) berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400°C akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi. Smisek dan Cerny, menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar.



Gambar 4.7. Proses Pengarangan Bahan Arang Aktif

Gambar 4.7 limbah tempurung kelapa sawit dikarbonisasi dengan cara dipanaskan menggunakan tungku pembakar. Limbah tempurung kelapa sawit dikarbonisasi pada suhu 700°C . Sebelum dikarbonisasi terlebih dahulu dicatat massanya. Proses karbonisasi limbah tempurung kelapa sawit dengan suhu 700°C dilakukan selama 1 jam. Setelah satu jam suhu diturunkan dan didinginkan sehari semalam. Setelah didinginkan arang limbah tempurung kelapa sawit di angkat dari tungku pembakar dan ditimbang kembali massanya.



Gambar 4.8. Arang Aktif Bambu

Gambar 4.8 bambu dikarbonisasi dengan cara dipanaskan menggunakan tungku pembakar. Bambu dikarbonisasi pada suhu 700°C . Sebelum dikarbonisasi terlebih dahulu dicatat massanya. Proses karbonisasi bambu dengan suhu 700°C dilakukan selama 1 jam. Setelah satu jam suhu diturunkan dan didinginkan sehari semalam. Setelah didinginkan arang bambu di angkat dari tungku pembakar dan ditimbang kembali massanya.

2. Tahap Penghalusan

Tempurung kelapa sawit dan bambu yang telah dikarbonisasi dan didinginkan selanjutnya ditumbuk menggunakan lesung. Setelah ditumbuk arang kelapa sawit dan bambu diayak menggunakan ayakan ukuran 40 mess, 60 mess dan 80 mess.



(a) Arang lolos 40 mesh
terjerap pada 60 mesh



(b) Arang lolos 60 mesh
terjerap pada 80 mesh



(c) Arang lolos 80 mesh

Gambar 4.9. Arang Dengan Berbagai Ukuran

3. Tahap Pengaktifan (Aktivasi)

Aktivasi adalah perlakuan yang bertujuan untuk memperbesar pori-pori arang dengan cara mengoksidasi molekul-molekul permukaan atau memecah ikatan hidrokarbon sehingga terjadi perubahan sifat pada arang, yaitu terjadi penambahan luas permukaan arang sehingga berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Arang berbagai ukuran tersebut di rendam pada aquades selama 24 jam untuk memperbesar pori-pori arang. Setelah direndam arang kemudian disaring dan dikeringkan. Serbuk yang telah disaring dan dikeringkan kemudian diaktifkan secara fisika, serbuk dipanaskan ke dalam *furnace thermoline* pada suhu 900°C selama 1 jam.



Gambar 4.10. Pengaktifan Arang

b. Pengujian Arang Aktif

Pengujian arang aktif yang meliputi rendemen arang aktif, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu arang aktif, kadar karbon terikat, daya serap benzene di lakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Jurusan Kehutanan Universitas Palangka Raya.

1. Rendemen

Proses perhitungan rendemen arang aktif dengan cara membandingkan berat arang aktif yang diperoleh (W2) dengan berat awal (W1) sebelum dilakukan aktivasi (Sudrajat &Pari, 2011). Rendemen dihitung berdasarkan :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{W2}{W1} \times 100\% \quad (4.1)$$

Keterangan : W1= Berat bahan sebelum diaktivasi (awal)

W2=Berat bahan setelah diaktivasi (akhir)

Hasilnya arang aktif tempurung kelapa sawit dengan ukuran serbuk arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh memiliki besar rendemen 78,79%, sedangkan arang aktif bambu dengan ukuran serbuk lolos 80 mesh memiliki besar rendemen 68,64%.

2. Kadar Air

Prosedur perhitungan kadar air arang aktif dengan mengambil dari masing-masing contoh uji arang aktif dan menimbang 2 gram sebagai berat contoh uji (a). Contoh uji arang

aktif dikeringkan dalam oven pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai berat konstan. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat kering tanur (b).

Prosedur perhitungan kadar air arang aktif dilakukan sesuai dengan standar ASTM D-3173-13 (2011) dengan rumus yaitu :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (4.2)$$

Keterangan:

a : berat contoh uji (g)

b : berat kering tanur (g)



Gambar 4.11 Sampel Pengujian Arang Aktif

Hasil kadar air arang aktif tempurung kelapa sawit dengan ukuran serbuk arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh memiliki besar kadar air 0,50%, sedangkan arang aktif bambu dengan ukuran

serbuk lolos 80 mesh memiliki besar kadar air 0,50%.

3. Kadar Zat Mudah Menguap

Prosedur perhitungan kadar zat mudah menguap arang aktif dengan cara *furnace* contoh uji seberat 2 gram sebagai berat awal (a) pada tanur listrik bersuhu 900°C. Setelah suhu tercapai, cawan dan contoh uji dibiarkan dingin terlebih dahulu dalam tanur, kemudian contoh uji dimasukkan dalam desikator untuk ditimbang sebagai berat setelah pemanasan (b). Prosedur perhitungan terhadap kadar zat mudah menguap dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-3175 dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kehilangan Berat (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (4.3)$$

Kadar ZMM (%) = Kehilangan berat (%) – kadar air (%)

Keterangan :

ZMM = zat mudah menguap

a = berat awal (g)

b = berat setelah pemanasan (g)



Gambar 4.12. Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap arang aktif tempurung kelapa sawit dengan ukuran serbuk arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh adalah 59,13%, sedangkan kadar zat mudah menguap arang aktif bambu dengan ukuran serbuk lolos 80 mesh yaitu 61,80%.

4. Kadar Abu

Prosedur penentuan kadar abu dengan tanur, contoh uji seberat 2 gram sebagai berat awal. Kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin atau cawan pengabuan (b). Cawan yang berisi arang aktif tersebut ditanurkan pada suhu 600°C selama 4 jam. Setelah asap berhenti yang berarti karbon hilang, tutup tanur dibuka selama 1 menit untuk menyempurnakan proses pengabuan. Kemudian abu dalam cawan dimasukkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat cawan + berat abu (c).

Perhitungan kadar abu arang aktif mengikuti standar ASTM D-3174 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{c - b}{a} \times 100\% \quad (4.4)$$

Keterangan : a = Berat contoh uji (g)

b = berat cawan (g)

c = berat cawan + berat abu (g)

Kadar abu arang aktif tempurung kelapa sawit dengan ukuran serbuk arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh adalah 10%, sedangkan kadar abu arang aktif bambu dengan ukuran serbuk lolos 80 mesh yaitu 8%.



Gambar 4.13. Sampel Arang Aktif Setelah Pengujian Kadar Abu

5. Kadar Karbon Terikat

Prosedur perhitungan kadar karbon terikat dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-3172 (2011). Kadar

karbon terikat adalah fraksi karbon dalam arang aktif selain fraksi abu, zat mudah menguap, dan air. Dengan rumus yaitu :

$$\text{Kadar KT (\%)} = 100\% - (\% \text{ Kadar Air} + \% \text{ Kadar ZMM} + \% \text{ Kadar Abu}) \quad (4.5)$$

Keterangan :

KT = karbon terikat

ZMM = zat mudah menguap

Kadar karbon terikat arang aktif tempurung kelapa sawit dengan ukuran serbuk arang lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh adalah 41%, sedangkan kadar karbon terikat arang aktif bambu dengan ukuran serbuk lolos 80 mesh yaitu 38%. Berikut tabel perbandingan hasil pengujian arang aktif.

Tabel 4.1. Perbandingan Persentasi Kadar Air, Kadar Abu, Kadar Zat Mudah Menguap dan Kadar Karbon Terikat

Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Rendemen (%)
Sa2	0.50%	10%	59.13%	41%	78,79
B3	0.50%	8%	61.80%	38%	68,64
(SNI) 06-3730-1995	maks 15%	maks 10%	maks 25%	min 65%	-

Catatan :	Sa = Arang aktif tempurung kelapa sawit	2 = Ukuran serbuk arang aktif lolos 60 mesh terjerap pada 80 mesh
	B = Arang aktif bambu	3 = Ukuran serbuk arang aktif lolos 80 mesh

Hasil pengujian arang aktif menunjukkan arang aktif limbah tempurung kelapa sawit memiliki ukuran serbuk lolos 60 mesh dan terjerap pada 80 mesh dengan kondisi: Kadar air ; 0,50%, Kadar abu ; 10%, Kadar zat mudah menguap ; 59,13%, Kadar karbon terikat; 41%, Rendamen; 78,79%. Sedangkan arang aktif dari bambu memiliki ukuran serbuk arang lolos 80 mesh dengan kondisi: Kadar air ; 0,50%, Kadar abu ; 8%, Kadar zat mudah menguap ; 61,80%, Kadar karbon terikat; 38%, Rendamen; 68,64%. Kedua ukuran arang ini kemudian dijadikan sebagai media arang aktif dalam penelitian ini.

3. Pengujian Alat Penjernih Air

Alat penjernih air yang telah di revisi kemudian diuji coba untuk menjernihkan air keruh dan uji keasaman. Peneliti berasumsi jika rancangan dengan media filter arang aktif dapat menjernihkan air keruh yaitu air sungai kahayan dan menetralkan pH maka rancangan ini juga dapat mengurangi kadar logam berat Fe. Asumsi peneliti diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Rachma (2016) dengan judul penelitian sistem filtrasi dengan karbon aktif kayu sengon, kerikil aktif sungai krasak, dan pasir aktif pantai indrayanti pada air sumur di LPPMP

UNY sebagai air minum. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi transmisi cahaya, uji pH dan kadar Fe sebanding dengan jumlah volume karbon aktif. Semakin besar volume arang aktif efisiensi transmisi cahaya, pengukuran pH dan penyerapan kadar Fe semakin tinggi pula. Uji kejernihan dan uji pH didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Uji Kejernihan

Hasil pengujian kejernihan sampel air sungai Kahayan pada inlet dan outlet filter pada media filter menggunakan Lux Meter, didapatkan bahwa tingkat kejernihan air sungai Kahayan pada inlet filter yaitu 123 lux. Tingkat kejernihan air sungai Kahayan pada outlet filter didapatkan 1565 lux, ditunjukkan pada Gambar 4.19



Uji Kejernihan Sampel Air Pada Inlet Filter



Uji Kejernihan Sampel Air Pada Outlet Filter

Gambar 4.14. Hasil Uji Kejernihan

Cara mendapatkan tingkat kejernihan air sungai Kahayan pada inlet dan outlet filter menggunakan tingkat kejernihan maksimum saat gelas ukur tidak berisi air yaitu pada nilai sebesar 1920 lux, maka didapatkan indikator pada tabel 4.2 dengan interval masing-masing indikator 480 lux.

Tabel 4.2. Indikator Tingkat Kejernihan Air

Indikator Kejernihan	Rentang Nilai (Lux)
Sangat Jernih	1441-1920
Jernih	961-1440
keruh	481-960
Sangat keruh	0-480

Berdasarkan hasil pengukuran maka didapatkan kesimpulan bahwa air sampel sungai Kahayan pada inlet filter didapatkan nilai 123 lux yang termasuk dalam indikator sangat keruh. Pengukuran pada outlet filter didapatkan nilai 1565 lux yang termasuk dalam indikator sangat jernih yang ditunjukkan pada Gambar 4.20



Gambar 4.15. Perbandingan Inlet Dan Outlet Filter Sampel

b. Uji Keasaman (pH)

Hasil pengujian pH (keasaman) sampel air sungai Kahayan pada inlet dan outlet filter pada media filter menggunakan indikator universal, didapatkan bahwa air sungai Kahayan pada inlet filter memiliki pH 6. Air sungai Kahayan pada outlet filter memiliki pH 8 yang ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Hasil Uji pH (Keasaman)

Pengujian berikutnya dilakukan untuk menentukan kadar logam berat Fe pada inlet dan outlet filter yang dilakukan di Laboratorium Fisika IAIN Palangka Raya. Pengujian alat penjernih air dengan cara memasukan arang aktif tempurung kelapa sawit pada tabung kaca dengan panjang isian 5 cm. Langkah selanjutnya peneliti memasukan sampel air yang tercemar logam berat Fe 5,59 mg/L kedalam tabung pada keran air yang berada pada pipa U. Keran pada pipa U kemudian ditutup dan

dipastikan tidak ada udara yang dapat masuk. Tabung diberi tekanan 3 bar untuk membantu mempercepat proses penjernihan.

Hasil penjernihan ditampung dengan gelas ukur 500 mL. Air hasil penjernihan sebanyak 500 mL kemudian dimasukkan kedalam botol plastik steril dan di uji di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah. Peneliti mengulangi proses sebelumnya dengan memvariasikan panjang isian arang aktif (5 cm, 10 cm dan 15 cm) dan jenis arang aktif (arang aktif tempurung kelapa sawit, arang aktif bambu dan arang aktif campuran tempurung kelapa sawit-bambu), sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.3. Data Perbandingan Kandungan Logam Berat Fe Pada Inlet Dan Outlet Filter Arang Aktif

Perlakuan	Kandungan Logam berat Fe pada inlet filter (mg/L)	Kandungan logam berat Fe pada outlet filter (mg/L)	
		Hasil Pengujian	Data primer
FeSa1	5,59	<0,014	-0,0177
FeSa2	5,59	<0,014	-0,0021
FeSa3	5,59	<0,014	-0,0146
FeB1	5,59	<0,014	-0,0080
FeB2	5,59	<0,014	0,0043
FeB3	5,59	<0,014	-0,0095
FeSaB1	5,59	<0,014	-0,0070
FeSaB2	5,59	<0,014	-0,0100
FeSaB3	5,59	<0,014	-0,0056

Catatan : Fe = Logam berat Sa = Arang aktif 1 = Panjang isian

yang diuji	tempurung kelapa sawit	arang aktif 5 cm
	B = Arang aktif bambu	2 = Panjang isian arang aktif 10 cm
	SaB = Arang aktif campuran tempurung kelapa sawit dan bambu	3 = Panjang isian arang aktif 15 cm

4. Efektivitas Alat Penjernih Air

Hasil penjernihan dianalisa untuk mengetahui efektivitas rancang bangun penjernih air yang tercemar logam berat Fe dengan media arang aktif dari limbah tempurung kelapa sawit dan bambu, dihitung dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4. Data Efektivitas Rancang Bangun Penjernih Air yang Tercemar Logam Berat Fe dengan Media Arang Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Bambu

Perlakuan	Kandungan Logam berat Fe pada inlet filter (mg/L)	Kandungan logam berat Fe pada outlet filter (mg/L)		Efektivitas
		Hasil Pengujian	Data primer	
FeSa1	5,59	<0,014	-0,0177	100,32%
FeSa2	5,59	<0,014	-0,0021	100,04%
FeSa3	5,59	<0,014	-0,0146	100,26%
FeB1	5,59	<0,014	-0,0080	100,14%
FeB2	5,59	<0,014	0,0043	99,92%
FeB3	5,59	<0,014	-0,0095	100,17%
FeSaB1	5,59	<0,014	-0,0070	100,13%

Perlakuan	Kandungan Logam berat Fe pada inlet filter (mg/L)	Kandungan logam berat Fe pada outlet filter (mg/L)		Efektivitas
		Hasil Pengujian	Data primer	
FeSaB2	5,59	<0,014	-0,0100	100,18%
FeSaB3	5,59	<0,014	-0,0056	100,10%
Rata-rata				100.14%

B. Pembahasan

1. Pembuatan Alat Penjernih Air

Hasil penelitian di atas telah memaparkan tata cara pembuatan alat penjernih air dengan menggunakan tiga jenis arang aktif sebagai media penjernih air (arang aktif tempurung kelapa sawit, bambu dan arang aktif campuran) dengan memodifikasi alat sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pengujian yang diharapkan. Sejumlah penelitian sebelumnya telah dilakukan mengenai rancang bangun alat penjernihan air.

Hartuno dkk (2014) menggunakan alat penjernih air dengan empat buah pipa penjernih yang salah satu pipanya merupakan *sand filter*, dan tiga pipa lainnya berisi arang dengan ukuran media 18 mesh. Selain itu juga terdapat rancangan Setyobudiarso (2014) yang menggunakan media penyaring kombinasi pasir-arang aktif. Peneliti awalnya menggunakan dasar rancangan tersebut untuk proses pembuatan alat namun karena masukan ahli dan alasan besarnya tekanan udara akibat perbedaan ukuran partikel arang aktif yang digunakan (60 dan 80 mesh), maka dilakukan modifikasi dengan menggunakan hanya satu buah tabung. Tabung tersebut

yang nantinya akan diisi filter arang aktif dengan ketebalan yang berbeda-beda.

Rancangan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadhillah dan Wahyuni (2016) yang berhasil membuat alat penjernih air dengan satu buah tabung dan hanya berisi arang, pasir, kerikil, dan ijuk dan berhasil meningkatkan kualitas air dengan mengurangi tingkat keasamannya. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Andi Syahputra dan Sugianto (2015) yang berhasil membuat alat penjernih air dengan satu buah tabung berisi tanah liat, ijuk, pasir, arang tempurung kelapa, dan kerikil berhasil menyerap kandungan logam berat Fe 75%, Zn sebesar 14,29% dan Cu sebesar 10,78%. Melihat fakta tersebut di atas, penyaringan dengan menggunakan satu tabung sangat mungkin dilakukan terlebih dengan mengganti media sebelumnya dengan menggunakan filter yang berasal dari beberapa jenis arang aktif.

Arang aktif dapat berasal dari berbagai sumber yang berbeda, dengan syarat mengandung unsur karbon (organic/nonorganic) serta memiliki banyak pori. Bahan bakunya dapat berupa Limbah peternakan, limbah pertanian, limbah sawit, tempurung kelapa, tempurung kemiri, gambut dan sebagainya. Bahan baku yang paling banyak digunakan secara komersial sebagai arang aktif yaitu tempurung kelapa dan kayu (BPK, 2003). Dalam penelitian ini digunakan arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa sawit, bambu dan campurang tempurung kelapa

sawit-bambu, dengan alasan bahan baku mudah diperoleh di wilayah Kalteng.

2. Pembuatan Arang Aktif

Selain pembuatan alat penjernih air, proses yang tak kalah penting dalam penelitian ini yaitu proses pembuatan arang aktif. Kedua arang aktif diproses dengan cara yang relatif sama, yaitu dimulai dari pengeringan, pemanasan dan pengaktifan arang secara fisika. Cara ini dianggap sangat efektif untuk menghasilkan media filter yang dapat menyerap logam berat. Adsorpsi fisika dan kimia terjadi dengan memanfaatkan gaya *van der waals* atau melalui ikatan hidrogen, dan ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) (Casstellan, 1982 & Atknis, 1999).

Dalam proses pembuatan arang aktif, kedua jenis arang dipanaskan hingga sampai pada suhu 500°C - 700°C . Adanya kenaikan temperatur secara signifikan dapat meningkatkan daya serap dari semua jenis adsorben, baik tempurung kelapa sawit maupun bambu. Namun demikian, pemanasan tersebut tidak boleh melampaui batas agar tidak malah menurunkan daya serap arang (Reynold, 1982). Struktur arang yang digunakan dapat menjadi rusak bila dilakukan pemanasan secara terus menerus sebab terdapat hubungan yang cukup erat antara suhu dan lama aktivasi terhadap kualitas arang aktif. Pemanasan yang cukup lama tanpa diimbangi dengan pengaktifan secara kimia dapat menyebabkan

terisinya pori-pori arang oleh mineral logam sehingga mengurangi daya serap (Polii, 2017 & Othmer, 1992).

Dasar dari pemilihan arang aktif bambu ini sesuai dengan penelitian Lin, Liu dan Fujimoto (2017) telah berhasil membuat alat penjernih air dengan menggunakan arang yang berasal dari bambu melalui pemanasan 700-900⁰C. Meisrilestari dkk (2013) juga berhasil melakukan aktivasi arang aktif dari kelapa sawit melalui pemanasan 700⁰C selama tiga jam yang kemudian diikuti dengan aktivasi kimia (penambahan bahan kimia). Oleh karena itu arang aktif yang dibuat dalam penelitian ini telah berhasil dipanaskan dengan temperatur 700⁰C selama 1 jam untuk tempurung kelapa sawit dan 500⁰C selama 2 jam untuk arang yang berasal dari bambu. Dengan adanya pemanasan ini maka akan terjadi proses karbonisasi serta lepasnya kandungan air dari arang yang akan digunakan.

Arang yang telah melalui proses karbonisasi kemudian melalui proses pendinginan. Setelah dilanjutkan dengan proses penghalusan arang (pengayakan) yang dilanjutkan dengan tahap berikutnya, yaitu aktivasi arang. Aktivasi arang berguna untuk meningkatkan daya serap filter. Peneliti menggunakan metode pembuatan arang aktif yang telah dilakukan oleh (Alpian, 2018) yaitu pengaktifan arang aktif dengan cara fisika. Pengaktifan secara fisika yang dilakukan dengan memanaskan arang aktif dalam *furnace thermoline* pada suhu 900⁰C selama 1 jam. Pembuatan arang aktif yang telah dilakukan oleh Alpian ini sesuai

dengan SNI 06-3730-1995. Adapun pengujian kualitas arang aktif sebagai berikut:

a. Kadar Air

Berdasarkan standar mutu SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif, maka kadar air maksimal yang terkandung dalam arang yaitu 15%, kadar abu maksimal 10%, Kadar zat mudah menguap maksimal 25%, dan kadar karbon terikat minimal 65%. Dalam penelitian ini jumlah, kadar air yang paling tinggi terdapat pada arang aktif yang berasal dari bambu, sedangkan arang yang berasal dari sawit memiliki kadar air yang relatif sama. Tidak ada pengaruh variasi ukuran (40 mesh, 60 mesh dan 80 mesh) arang aktif terhadap kadar air yang terkandung.

Alimah (2017) mengungkapkan bahwa kadar air ini ditetapkan dengan tujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Sejalan dengan penelitian ini, terdapat kecenderungan bahwa suhu aktivasi, berbanding terbalik dengan kadar air. Dengan demikian adanya pemanasan yang dilakukan pada arang berhasil menurunkan kadar air hingga mencapai standar mutu yang dipersyaratkan.

Selain berhubungan dengan sifat higroskopis, kadar air juga berhubungan dengan sifat porositas serta dipengaruhi oleh waktu penempatan arang pada tempat terbuka selama proses pendinginan. Kadar air pada penelitian ini tergolong rendah, yang berarti bahwa

proses karbonisasi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya telah berjalan dengan sangat baik.

b. Kadar Abu

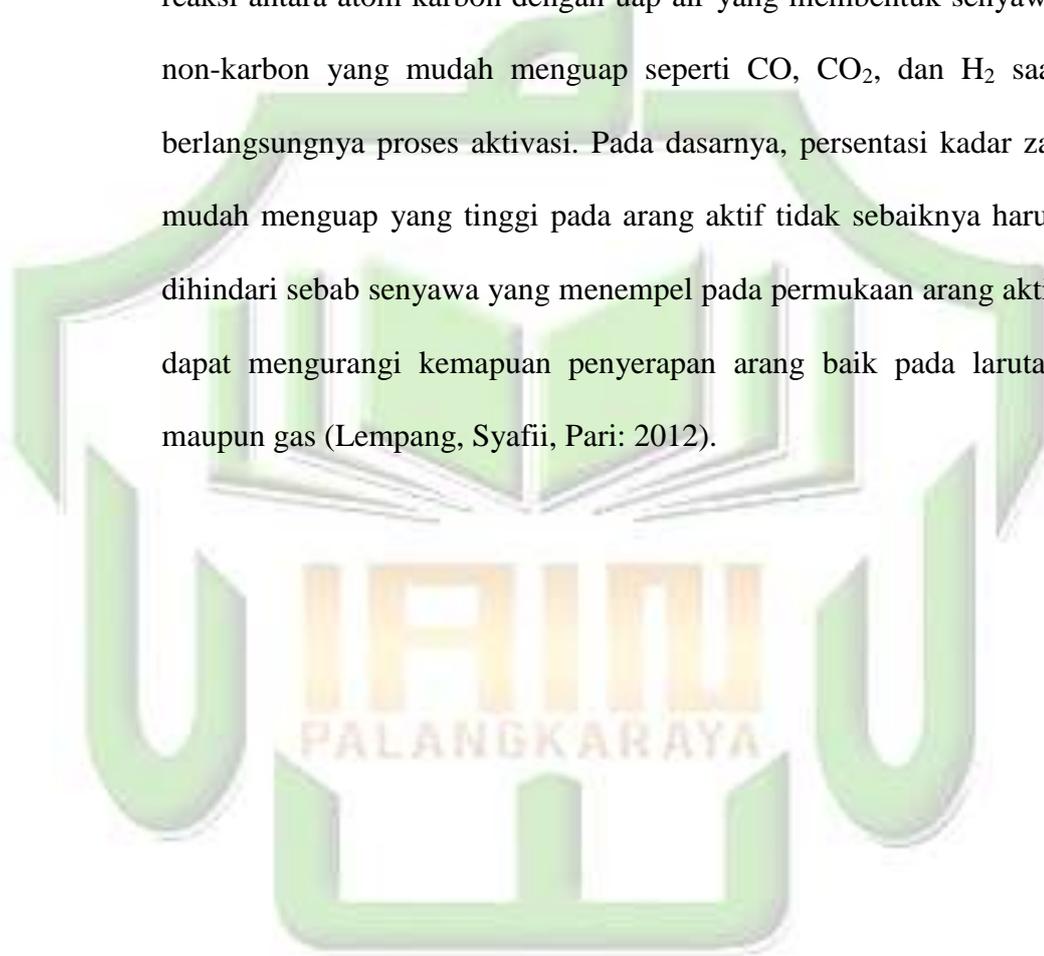
Kadar abu pada arang aktif yang berasal dari sawit dan bambu tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Namun secara umum dapat diamati bahwa kadar abu pada sawit ada yang mencapai persentasi 18% (ukuran 40 mesh). Persentasi tersebut tidak memenuhi standar mutu SNI untuk kadar abu yaitu maksimal 10%. Meskipun demikian, selain arang sawit berukuran 40 mesh, semua arang aktif yang lainnya berada di bawah standar atau tepat memenuhi standar mutu SNI.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Aprianis (2012), kadar abu dari aktivasi arang aktif berada pada kisaran 2,96 – 9%. Hal ini cukup sesuai dengan hasil yang diperoleh peneliti di mana kadar abu yang diperoleh berkisar pada angka 9%.

Sepertinya halnya kadar air, variasi ukuran arang aktif tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar abu. Pengukuran kadar abu arang aktif memiliki tujuan untuk mengetahui kandungan logam oksida dalam arang aktif. Ada dua faktor yang berpengaruh pada kadar abu arang, yaitu faktor suhu aktivasi, waktu aktivasi, dan juga kombinasi antara suhu serta waktu pengaktifan (Alimah, 2017).

c. Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap yang disyaratkan standar mutu SNI maksimal mencapai 25%. Dalam penelitian ini, rata-rata kadar zat mudah menguap yang diperoleh secara umum sebesar 63,6%. Menurut (Pari, Tohir, Mahfudin, & Ferry (dalam Alimah, 2017), kadar zat mudah menguap yang memenuhi standar berarti terdapat reaksi antara atom karbon dengan uap air yang membentuk senyawa non-karbon yang mudah menguap seperti CO, CO₂, dan H₂ saat berlangsungnya proses aktivasi. Pada dasarnya, persentasi kadar zat mudah menguap yang tinggi pada arang aktif tidak sebaiknya harus dihindari sebab senyawa yang menempel pada permukaan arang aktif dapat mengurangi kemampuan penyerapan arang baik pada larutan maupun gas (Lempang, Syafii, Pari: 2012).



d. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat menurut standar mutu SNI minimal 65%. Rata-rata persentasi karbon terikat dalam penelitian ini secara umum yaitu 36,44%. Di antara kedua jenis arang aktif, kadar karbon terikat yang paling tinggi terdapat pada sawit meskipun perbedaan antara ketiganya tidak terlalu signifikan. Seperti sebelumnya dalam kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat tidak dipengaruhi variasi ukuran arang (40, 60, dan 80 mesh).

Kadar karbon terikat berbeda dengan kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap. Jika ketiga kadar sebelumnya diharapkan memperoleh kadar yang rendah, maka kadar karbon terikat diharapkan memperoleh nilai yang tinggi (di atas 65%).

Pari (2004) mengemukakan dalam penelitiannya bahwa tinggi rendahnya kadar karbon terikat yang dihasilkan dalam penelitian ditentukan oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut telah diulas dalam pembahasan sebelumnya, yaitu kandungan kadar zat mudah menguap dan kadar abu arang aktif. Kadar abu serta kadar zat mudah menguap berbanding terbalik dengan kadar karbon terikat. Semakin besar nilai kadar zat terbang dan kadar abu maka kadar karbon terikat arang aktif semakin rendah, sebaliknya semakin rendah nilai zat terbang dan kadar abu arang aktif maka nilai kadar karbon terikat akan semakin tinggi, selain itu juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat dikonversi menjadi atom karbon.

3. Pengujian Alat Penjernih Air

Hasil penjernihan yang didapatkan semua variasi panjang isian dan variasi jenis arang aktif mampu menurunkan kadar logam berat Fe melebihi 70%. Dari data terlihat jika variasi panjang isian tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Fe. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal.

Pertama menurut Reynold (1982) yang memengaruhi adsorpsi arang aktif salah satunya adalah luas permukaan. Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Adsorben ini ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah adsorben. Panjang isian arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5 cm, 10 cm dan 15 cm, artinya panjang isian 15 cm memiliki luas permukaan yang lebih besar dari pada panjang isian arang aktif 10 cm, begitupun selanjutnya panjang isian arang aktif 10 cm memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan panjang isian 5 cm. Adanya perbedaan luas permukaan daya adsorpsi 15 cm harus lebih besar dari pada 10 cm, dan daya adsorpsi panjang isian 10 cm lebih besar dari pada 5 cm.

Pernyataan ini diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan (Sylvia, 2017) memvariasikan tinggi unggun karbon aktif (3 cm, 6 cm dan 9 cm) dan laju alir menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi unggun dan laju alir maka kapasitas adsorpsi dan konstanta thomas ion Pb^{2+} semakin meningkat. Penelitian serupa dilakukan oleh Puspitaloka (2018) yang memvariasikan ketebalan arang aktif tempurung kelapa 4cm, 8cm, 12cm,

16cm dan 20cm dalam menyerap kandungan logam berat Pb pada larutan pestisida mengandung timbal, menunjukkan hasil semakin tebal arang maka semakin efektif. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini tidak ada pengaruh besar hasil adsorpsi dengan variasi panjang isian. Panjang isian arang 5 cm sudah mampu menurunkan hampir keseluruhan logam berat Fe, artinya dengan panjang isian yang melebihi 5 cm daya adsorpsi arang aktif lebih efektif.

Faktor kedua adalah alat pengujian dan metode yang digunakan dalam pengujian logam berat Fe. Alat pengujian dan metode yang digunakan memiliki batas limit deteksi 0,014 mg/L. Hasil pengujian keseluruhan sampel berada di bawah batas limit deteksi alat tersebut sehingga untuk melihat pengaruh panjang isian arang aktif terhadap penurunan kadar logam berat Fe tidak dapat teramati secara jelas. Penelitian ini hanya mampu menunjukkan bahwa rancangan penjernih air dengan media arang aktif berhasil menurunkan kadar logam berat Fe tanpa melihat pengaruh perbedaan panjang isian arang aktif.

Faktor ketiga adalah jenis bahan yang digunakan dalam alat penjernih air. Bahan yang digunakan adalah bahan yang berasal dari bahan silika dan bukan PVC. Faktor keempat yaitu peneliti tidak mengisolasi air hasil penjernihan, hal ini menyebabkan air dapat dimasuki oleh partikel luar yang dapat mempengaruhi kadar logam berat Fe pada outlet filter tersebut.

4. Efektivitas Alat Penjernih Air

Hasil penjernihan yang dihitung dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen menunjukkan bahwa variasi panjang isian dan variasi jenis arang aktif. Tujuan uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat penjernih air dengan media arang aktif limbah tempurung kelapa sawit dan bambu.

(Pinandari, 2011) melakukan pengulangan lima kali untuk menentukan efektivitas alat filter biomassa, dengan pengulangan lima kali ini data efektivitas yang didapatkan lebih akurat dari pada tanpa pengulangan. Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini peneliti hanya mengulangi satu kali saja pada masing-masing variasi. Tentu data yang didapatkan tidak seakurat dengan data berulang, tetapi penelitian yang dilakukan oleh (Wahyuni, 2018) yang bertujuan mengetahui penurunan kadar Hg (II) menggunakan adsorben butiran kerikil putih tersalut kitosan juga menggunakan satu kali pengulangan dalam menentukan efektivitas adsorpsinya. Hasil efektivitas alat penjernih yang didapatkan menunjukkan persentase melebihi 90%, yang artinya alat penjernih ini efektif digunakan untuk menurunkan kadar logam berat Fe.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilaksanakan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat penjernih air terbagi atas dua bagian yaitu bagian penyangga dan bagian alat penjernih. Di dalam alat penjernih terdapat satu buah tabung penjernih air yang didalamnya akan diisi dengan arang aktif. Tabung penjernih air yang digunakan berasal dari botol kaca sirup yang transparan. Rancangan alat penjernih air tidak sesuai dengan gambar rancangan awal sebab disesuaikan dengan ukuran media arang aktif yang dihasilkan serta untuk menjaga tekanan dalam tabung agar tetap stabil.
2. Media arang aktif yang akan digunakan berasal dari dua jenis bahan, yaitu tempurung kelapa sawit dan bambu dengan variasi ketebalan yang digunakan yaitu 30 cm, 60 cm dan 90 cm dengan diameter tetap. Kedua jenis arang tersebut mengalami proses pengeringan, tahap karbonisasi (pemanasan) pada suhu 550-700⁰C selama 1-2 jam, tahap penghalusan (pengayakan), hingga tahap aktivasi arang dengan pemanasan pada suhu tinggi 900⁰ C selama 1 jam.
3. Pengujian alat penjernih air terhadap penurunan logam berat Fe dengan variasi arang aktif dan panjang isian 5 cm, 10 cm dan 15 cm berturut-turut

yaitu, arang aktif tempurung kelapa sawit: -0,0177 mg/L, -0,0021 mg/L, -0,0146 mg/L; arang aktif bambu: -0,0080 mg/L, 0,0043 mg/L, -0,0095 mg/L; arang aktif campuran: -0,0070 mg/L, -0,0100 mg/L, -0,0056 mg/L.

4. Efektivitas alat penjernih air yang pada masing-masing variasi panjang isian arang aktif yaitu arang aktif tempurung kelapa sawit; 100,32%, 100,04% dan 100,26%, arang aktif bambu; 100,14%, 99,92% dan 100,17%, arang aktif campuran; 100,13%, 100,08%, dan 100,10%.

B. Saran

Demi kemajuan penelitian selanjutnya berikut saran yang dapat peneliti sampaikan:

1. Dalam pemilihan bahan yang digunakan sebagai rancangan penjernih air peneliti hendaknya memilih bahan yang lebih kuat lagi terhadap tekanan udara yang diberikan dan tidak terjadi kebocoran.
2. Parameter yang diuji hendaknya lebih kompleks bukan hanya satu parameter kimiawi saja tetapi parameter biologi, fisika dan kimia berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air.
3. Variasi panjang isian arang aktif dalam penelitian ini tidak mendapatkan perbedaan pengaruh, kedepannya peneliti harus memperhatikan panjang isian yang efektif sehingga dapat teramati pengaruh dari panjang isian arang aktif tersebut.

4. Pengujian kadar logam berat yang digunakan dalam penelitian ini memiliki batas limit deteksi 0,014 mg/L hendaknya penelitian berikutnya menggunakan alat yang memiliki batas limit deteksi yang lebih kecil dan teliti.



DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, Dewi. 2017. *Sifat Dan Mutu Arang Aktif Dari Tempurung Biji Mete (Anacardium occidentale L.) Properties and Quality of the Activated Charcoal Made from Cashewnut Shell (Anacardium occidentale L.)*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 35(2), hal 123-133.
- Alpian, A., Prayitno, T. A., Sutapa, J. G., & Budiadi, B. (2018). Kualitas Arang Aktif Kayu Gelam dan Aplikasinya untuk Meningkatkan Kualitas Air (Activated Charcoal Quality of Gelam Wood and Its Application to Improve Water Quality). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 8(2), 155-168.
- Aprianis, Yeni, 2012. *Karakteristik Arang Aktif Dari Tunggak: Acacia crassicarpa*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 30(4), hal 261-268
- Atkins, P. W. (1999). Kimia Fisika “ed ke-2 Kartahadiprojo Irma I, penerjemah Indarto Purnomo Wahyu, editor. *Jakarta Erlangga. S Terjemahan dari: Physical Chemistry*.
- Castellan, G. W. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. General Graphic Services. New York.
- Fadhillah, M & Wahyuni, D. (2016). Effectiveness Of Addition Of Activated Carbon Shell Oil Palm (Elaeis Guineensis) Filtration Process Water In Wells. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 3(2), 93-98.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi air dan udara*. Kanisius.
- Gadd, G.M. 1990. *Environmental Biotechnology: Microbiology of extreme environment*. New York: McGraw-Hill Publ.Co.
- Harteman, E., Soedharma, D., Winarto, A., & Sanusi, H. S. (2008). Deteksi Logam Berat Pada Perairan, Sedimen Dan Sirip Ikan Badukang (*Anus caelatus* Han A. *Maculatus*) Dimuara Sungai Kahayan Dan Sungai Katingan, Kalimantan Tengah. *Berita Biologi*, 9(3), 275-283.
- Harteman, E. (2012). Deteksi Kandungan Hg, Cd dan Pb di Tulang Sirip Keras Ikan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bia) di Muara Sungai Kahayan dan Katingan. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika* 1(1), 20-26
- Hartuno, T., Udiantoro., Agustina, L. (2014). Desain water Treatment Menggunakan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Air Bersih Di Sungai Martapura. *Zira'ah*, 39(3), 136-143.

- Hendrawan, D. (2005). Kualitas air sungai dan situ di DKI Jakarta. *Makara Journal of Technology*, 9(1).
- Heriyani, O., Mugisidi, D. (2016). Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir. Prosiding. *Seminar Nasional Teknoka FT UHAMKA*. 199-201
- Hidup, K. M. L. (1988). Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. *No. Ke p-02 llt [EN KLH/I 988. Jakarta*.
- Indonesia, M. K. R. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang: Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air.
- Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair. *Spektrum Industri: Jurnal Ilmiah Pengetahuan dan Penerapan Teknik Industri*, 12(1), 73-83.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan kegunaan arang aktif. *Buletin Eboni*, 11(2), 65-80.
- Lempang, M., Syafii, W., Pari, Gustan. 2012. *Sifat Dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri. Properties and Quality of Candlenut Shell Activated Charcoal*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(4), hal 100-113
- Lin, H.C., Liu, L.T., Fujimoto, N. (2017). Source Water Purification of Bamboo Activated Carbon Prepared from Bamboo Charcoal by Using the Multi-Layer Filtration Method. *J.Fac. Agr., Kyushu University*, 62(2), 459-467
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., Wijayanti, H. (2013) Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia. *Jurnal Konversi*. 2(1).46-51
- Othmer, K.(1992). "Encyclopedia Chemical Technology 2nd ed, vol 12", John Willy and Sons
- Panda, A., Nitimulyo, K. H., & Djohan, T. S. (2015). Akumulasi Merkuri Pada Ikan Baung (*Mytus Nemurus*) Di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (*The Accumulation of Mercure on Baung Fish (Mytus nemurus) in The Kahayan Rice of Central Kalimantan, Indonesia*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 10(3), 120-130.
- Pari, G. (1996). Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan cara kimia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 14(8), 308-320.

- Pari, G. 2004. Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergaji kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis. Desertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Pinandari, A. W., Fitriana, D. N., Nugraha, A., & Suhartono, E. (2011). Uji Efektifitas dan efisiensi filter biomassa menggunakan sabut kelapa (*Cocos Nucifera*) Sebagai bioremoval untuk menurunkan kadar logam (Cd, Fe, Cu), Total padatan tersuspensi (TSS) dan meningkatkan pH pada limbah air asam tambang batubara. *Jurnal Prestasi*, 1(1), 1-12.
- Polii, F.F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi terhadap Mutu Arang Aktif Kayu Kelapa. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(2), 21-28
- Purwanto, D. (2011). Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(1), 57-66.
- Puspitaloka, J. A., Wahyuningsih, N. E., & Budiyono, B. (2018). Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif Tempurung Kelapa Dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(6), 189-196.
- Rachma, Z. N. R. Z. N., & Suparno, S. (2016). Sistem Filtrasi Dengan Karbon Aktif Kayu Sengon, Kerikil Aktif Sungai Krasak, Dan Pasir Aktif Pantai Indrayanti Pada Air Sumur Di Lppmp Uny Sebagai Air Minum Filtration System With Using Active Carbon Of Sengon Wood, Active Gravel Of Krasak River, And Active Sand Of Indrayanti Beach At Well Water In The Lppmp Uny As The Mineral Water. *E-Journal Fisika*, 5(2), 76-81.
- Reynold, T. D. (1982). Unit Operation and Process in Environmental Engineering. University Wadsworth Inc. *A and M Texas*.
- Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (pengenalan dan proses pembuatannya).
- Setyawan, R., Rusdiansyah, A., & Prasetya, H. (2016). Identifikasi Kualitas Perairan Di Sungai Kahayan Dari Keberadaan Sistem Keramba Studi Kasus Sungai Kahayan Kecamatan Pahandut Kalimantan Tengah. *Info Teknik*, 13(2), 192-198.
- Setyobudiarso, H., & Yuwono, E. (2014). Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir–Arang Aktif. *Jurnal Neutrino*.
- Spanierman, C. S., & Tarabar, A. (2011). Iron toxicity in emergency medicine.
- Sunaryo. (2005). Penjernih air sederhana.

- Suripin (watervoorziening.). (2002). *Pelestarian sumberdaya tanah dan air*. Andi.
- Sutrisno Totok, C., & Eni, S. T. (1987). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Syahputra, A., Sugianto, S., & Syech, R. (2015). *Rancang Bangun Alat Penjernih Air Yang Tercemar Logam Berat Fe, Cu, Zn Dalam Skala Laboratorium* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Sylvia, N. (2017). Kinerja Kolom Adsorpsi Pada Penjerapan Timbal (Pb²⁺) Dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit. *JURNAL INTEGRASI PROSES*, 6(4), 185-190.
- Wahyuni, E., & Khaldun, I. (2018). Efektivitas Adsorpsi Ion Merkuri (II) Menggunakan Alternatif Adsorben Butiran Kerikil Putih Yang Terlapisi Kitosan Pada Penjernih Air Portable. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*, 3(4).
- Wiyarsi, A., & Priyambodo, E. (2009). Pengaruh konsentrasi kitosan dari cangkang udang terhadap efisiensi penjerapan logam berat. *Universitas Negeri Yogyakarta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta, (Skripsi)*.
- Zubayr, S. A. 2009. *Analisis Status Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir: Studi Kasus Pembuangan Limbah Cair dan Tailing Padat/Slag Pertambangan Nikel Pomalaa* [Skripsi]. SPSAL IPB. Bogor.