

TUGAS AKHIR

**KEMAMPUAN KARBON AKTIF CANGKANG SAWIT
DALAM PENURUNAN KADAR BESI (Fe)
PADA AIR SUMUR GALI**



NURUL 'AINI
221110108

**PRODI D3 SANITASI
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG
2025**

TUGAS AKHIR

**KEMAMPUAN KARBON AKTIF CANGKANG SAWIT
DALAM PENURUNAN KADAR BESI (Fe)
PADA AIR SUMUR GALI**

Ditujukan ke Program Studi Diploma Tiga Sanitasi Kemenkes Poltekkes Padang
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Ahli Madya Kesehatan



NURUL 'AINI
221110108

**PRODI D3 SANITASI
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG**

2025

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir "Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Pemurunan Kadar Basa (v/v) Pada Air Sumur Gali"

Ditulis oleh

NAMA : Nurul 'Aini

NIM : 221110108

Telah disetujui oleh pembimbing pada tanggal :

30 Juni 2025

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Sari Arlinda, SKM, MM
NIP. 19800902 200501 2 004



Mukhlis, MT
NIP. 19680304 199203 1 003

Padang, 30 Juni 2025

Ketua Prodi Diploma Tiga Sanitasi



Lindawati, SKM, M.Kes
NIP. 19750613 200012 2 002

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

"KEMAMPUAN KARBON AKTIF CANGKANG SAWIT DALAM PENURUNAN KADAR BESI (Fe) PADA AIR SUMUR GALI"

Disusun Oleh

Nurul 'Aini

221110108

Telah diperlakukan di depan Dewan Pengaji

Pada tanggal : 02 Juli 2025

SUSUNAN DEWAN PENGAJI

Ketua,

Darwel, SKM, M.Epid

NIP. 19800914 200604 1 012

(.....)


Anggota,

Evino Sugiantoro, SKM, M.Kes

NIP. 19630818 198603 1 004

(.....)


Anggota,

Sari Arlinda, SKM, MKM

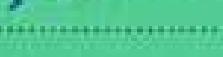
NIP. 19800902 200501 2 004

(.....)


Anggota,

Mukhlis, MT

NIP. 19680304 199203 1 003

(.....)


Padang, 02 Juli 2025

Ketua Prodi Diploma Tiga Sanitasi



Lindawati, SKM, M.Kes
NIP. 19750613 200012 2 002

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama : Nurul 'Aini
Tempat, Tanggal Lahir : Cupak, 10 Oktober 2003
Agama : Islam
Alamat : Dusun Pulau, Jorong Sawah Taluak, Nagari Cupak, Kecamatan Gunung Talang, Kabupaten Solok
Nama Ayah : Mardison
Nama Ibu : Wentisel
Nomor Telepon : 085763831337
Email : aini80786@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

No	Riwayat Pendidikan	Tahun Lulus
1.	PAUD Az Zukruf	2009
2.	TK Islam Sakinah (Raudhatul Athfal)	2010
3.	SDN 34 Cupak	2016
4.	SMP N 6 Gunung Talang	2019
5.	MAN 1 Solok	2022
6.	Program Studi D3 Sanitasi Kemenkes Poltekkes Padang	2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya penulis sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah penulis nyatakan dengan benar

Nama : Nurul 'Aini

NIM : 221110108

Tanda Tangan :



Tanggal : 01 Juli 2025

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama Lengkap : Nurul 'Aini
NIM : 221110108
Tempat/Tanggal Lahir : Cupak/10 Oktober 2003
Tahun Masuk : 2022
Nama Pembimbing Akademik : Darwel, SKM, M.Epid
Nama Pembimbing Utama : Sari Arlinda, SKM, MKM
Nama Pembimbing Pendamping : Mukhlis, MT

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan hasil Karya Ilmiah saya, yang berjudul : Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi akademik.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Padang, 01 Juli 2025

Yang Menyatakan



Nurul 'Aini

NIM : 221110108

HALAMAN PENYERAHAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Kemenkes Poltekkes Padang, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul 'Aini

NIM : 221110108

Program Studi : D3 Sanitasi

Jurusan : Kesehatan Lingkungan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Kemenkes Poltekkes Padang Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas Tugas Akhir saya yang berjudul :

"Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Kemenkes Poltekkes Padang berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Padang
Pada tanggal : 01 Juli 2025

Yang menyatakan,



**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA SANITASI
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN**

**Tugas Akhir, Juni 2025
Nurul 'Aini**

Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih yang digunakan oleh masyarakat masih banyak yang mengandung kadar besi (Fe) yang dapat dilihat secara fisik sehingga belum memenuhi syarat untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karbon aktif cangkang sawit memiliki potensi dalam menurunkan kadar Fe, oleh karena itu tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental yaitu desain eksperimen semu. Penelitian dilakukan pada rumah warga yang berada daerah persawahan Jorong Tangah Padang dan pemeriksaan sampel dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Solok, yang dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2025. Karbon aktif yang dimasukkan ke dalam pipa yang telah dimodifikasi dengan variasi ketebalan yaitu 20 cm, 40 cm dan 60 cm dengan sampel air yang mengandung kadar besi (Fe) dialirkan dalam waktu 30 menit. Analisis data dengan cara melihat rata-rata penurunan dan persentase penurunan kadar besi (Fe) setelah perlakuan ketebalan karbon yang berbeda.

Hasil penelitian yang diperoleh dari kemampuan karbon aktif cangkang sawit untuk menurunkan kadar Fe pada air sumur gali pada waktu 30 menit dengan ketebalan 20 cm sebesar 59,02 %, ketebalan 40 cm sebesar 66,67 %, dan ketebalan 60 cm sebesar 62,09 %.

Karbon aktif cangkang sawit dapat digunakan untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali, walaupun hasil yang didapatkan belum maksimal karena masih diatas standar baku mutu, maka disarankan peneliti selanjutnya untuk memanfaatkan karbon aktif cangkang sawit dengan metode pengolahan yang lebih optimal dalam penurunan kadar Fe pada air sumur gali.

xvi, 32 Halaman, 29 (2014-2025) Daftar Pustaka, 7 Lampiran, 6 Gambar, 6 Tabel
Kata Kunci : Karbon Aktif Cangkang Sawit, Fe

**DIPLOMA STUDY PROGRAM THREE SANITATION
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL HEALTH**

Final Project, June 2025
Nurul 'Aini

The ability of palm shell activated carbon to reduce iron (Fe) levels in dug well water

ABSTRACT

The availability of clean water used by the community still contains many levels of iron (Fe) that can be seen physically so it does not meet the requirements for use in daily life, such as water from dug wells in rice fields. Palm shell activated carbon has the potential to reduce Fe levels, therefore the aim of this research is to determine the ability of palm shell active carbon to reduce iron (Fe) levels in dug well water.

This type of research is experimental, namely a quasi-experimental design. The research was conducted at residents' houses in the Jorong Tangah Padang rice field area and sample examination was carried out at the UPT Regional Health Laboratory of Solok Regency, which was carried out in January-June 2025. Activated carbon was inserted into a modified pipe with variations in thickness, namely 20 cm, 40 cm and 60 cm with water samples containing iron (Fe) levels flowing within 30 minutes. Data analysis by looking at the average decrease and percentage decrease in iron (Fe) levels after different carbon thickness treatments.

The research results obtained from the ability of palm shell activated carbon to reduce Fe levels in dug well water at 30 minutes with a thickness of 20 cm were 59,02 %, 40 cm thickness was 66,67 %, and 60 cm thickness was 62,09 %.

Palm shell activated carbon can be used to reduce iron (Fe) levels in dug well water, although the results obtained are not optimal because they are still above the quality standard, so it is recommended that further researchers utilize palm shell activated carbon with a more optimal processing method in reducing Fe levels in dug well water.

xvi, 32 Pages, 29 (2014-2025) Bibliography, 7 Attachments, 6 Figures, 6 Tables
Keyword : Palm Shell Activated Carbon, Fe

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat meyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya Kesehatan pada Program Studi D3 Sanitasi Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang. Tugas Akhir ini terwujud atas bimbingan dan pengarahan dari Ibu Sari Arlinda, SKM, MKM selaku pembimbing utama dan Bapak Mukhlis, MT selaku pembimbing pendamping serta bantuan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Renidayati, S.Kp, M.Kep, Sp.Jiwa selaku Direktur Kemenkes Poltekkes Padang.
2. Bapak Dr. Muchsin Riwanto, SKM, M.Si selaku Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan.
3. Ibu Lindawati, SKM, M.Kes selaku Ketua Prodi D3 Sanitasi.
4. Bapak Darwel, SKM, M.Epid selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Darwel, SKM, M.Epid selaku Ketua Dewan Pengaji Tugas Akhir.
6. Bapak Evino Sugriarta, SKM, M.Kes selaku Anggota Pengaji I.
7. Bapak dan ibu dosen sebagai Tenaga Kependidikan di Kemenkes Poltekkes Padang yang telah memberi ilmu bermanfaat untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan terutama do'a, semangat dan dukungan material.
9. Sahabat yang telah banyak membantu penulis terutama D3 Sanitasi kelas 3A dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dan juga sahabat-sahabat diluar kampus yang sudah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis yaitu Septia Dela Fransiska, Alya Hafis Aswari dan Nur Fadilla Rahman.

Akhir kata, penulis berharap berkenan membalsas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Padang, 01 Juli 2025



NA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	vi
HALAMAN PENYERAHAN TUGAS AKHIR	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Ruang Lingkup.....	6
E. Manfaat Penelitian	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Bersih.....	7
B. Sumur Gali	7
C. Besi (Fe)	8
D. Karbon Aktif Cangkang Sawit.....	11
E. Adsorpsi	15
F. Kerangka Teori.....	17
G. Kerangka Konsep	17
H. Definisi Operasional.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	19
B. Waktu dan Tempat	19
C. Alat dan Bahan.....	19
D. Pengambilan Sampel Air.....	20
E. Rancangan Percobaan	20
F. Pelaksanaan Percobaan	21
G. Analisis Data	22
H. Penyajian Data	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Sampel	23
B. Hasil	23

C. Pembahasan.....	25
--------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	32
B. Saran.....	32

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Kimia untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi	11
Tabel 2.2	Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI. 06-3730-1995).....	14
Tabel 2.3	Definisi Operasional.....	18
Tabel 4.1	Konsentrasi Kadar Fe Sebelum Disaring Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit.....	23
Tabel 4.2	Konsentrasi Kadar Fe Setelah Disaring Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit.....	24
Tabel 4.3	Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cangkang Sawit Sebelum dan Sesudah Karbon Aktif.....	13
Gambar 2.2 Kerangka Teori	17
Gambar 2.3 Kerangka Konsep.....	17
Gambar 3.1 Rancangan Penyaringan Air Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit	21
Gambar 4.1 Detail Media Filtrasi Pipa Tabung 1 (Up-Flow).....	30
Gambar 4.2 Detail Media Filtrasi Pipa Tabung 2 (Down-Flow).....	30

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Laboratorium Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali
- Lampiran 2 : Rumus Rata-rata Penurunan Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali
- Lampiran 3 : Rumus Persentase Penurunan Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali
- Lampiran 4 : Surat Izin Pemeriksaan Sampel Hasil Penelitian dari Kemenkes Poltekkes Padang
- Lampiran 5 : Surat Izin Pemeriksaan Sampel Hasil Penelitian dari DPMPTSPNAKER Kabupaten Solok
- Lampiran 6 : Dokumentasi
- Lampiran 7 : Lembar Konsultasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi secara terus-menerus, karena berbagai aktivitas masyarakat dalam setiap aspek kehidupan memerlukan air yang bersih. Ketersediaan air memiliki fungsi yang sangat penting dan harus tetap tersedia, agar dapat mendukung kehidupan serta pelaksanaan pembangunan sekarang dan di masa depan. Kualitas air yang buruk dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan terutama terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta makhluk hidup lainnya.¹

Air memiliki peran krusial dalam kehidupan manusia, tidak hanya sebagai sumber untuk konsumsi, tetapi juga untuk keperluan higiene sanitasi. Tubuh manusia terdiri dari sekitar 73 % air (cairan tubuh), sehingga tubuh kita membutuhkan sekitar 4-6 liter air setiap hari agar metabolisme mengalir dengan baik di dalam tubuh kita. Jika tubuh kita mengalami kekurangan air 15 %, maka akan dapat mengalami dihidrasi, begitulah pentingnya air ini untuk kebutuhan hidup. Menurut Richard Feachem, manusia dapat bertahan hidup hingga dua bulan tanpa makan, tetapi hanya dua hingga tiga hari tanpa minum.² Menurut PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan kesehatan perorangan atau untuk keperluan rumah tangga pada masyarakat.³

Upaya untuk memenuhi kebutuhan air, masyarakat sering memanfaatkan air tanah melalui pembuatan sumur gali. Jenis sumur ini relatif murah dan tidak memerlukan biaya besar dalam pembuatannya. Namun, kadar mineral dalam air tanah yang melebihi batas aman dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Seiring meningkatnya kebutuhan akan air bersih, berbagai cara telah dilakukan guna menyediakan air yang layak, sehat dan aman untuk dikonsumsi.⁴ Air memiliki persyaratan kualitas tertentu sesuai dengan peruntukannya. Suatu pencemaran dalam air dapat terjadi karena terdapat bahan yang menyebabkan

timbulnya perubahan yang tidak diharapkan, baik berupa fisik, kimiawi, maupun biologi.

Persyaratan kualitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi terdapat pada parameter fisik, kimia dan mikrobiologi. Dalam parameter kimia air, kandungan besi (Fe) terlarut memiliki ambang batas maksimum yang diperbolehkan sebesar 0,2 mg/L. Apabila air tersebut melebihi persyaratan yang telah ditetapkan pada PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan maka air dengan kondisi tersebut tidak memenuhi syarat untuk digunakan sehari-hari dalam rumah tangga.³

Besi (Fe) adalah satu dari sekian unsur signifikan yang ditemukan di air permukaan maupun air tanah. Dalam jumlah kecil, senyawa besi dibutuhkan oleh tubuh manusia karena berperan dalam pembentukan sel darah merah, dimana perharian tubuh membutuhkan antara 7 hingga 35 mg, yang sebagian bisa diperoleh melalui konsumsi air. Namun, kelebihan zat besi dalam tubuh dapat membahayakan kesehatan. Zat ini dapat terserap melalui kulit maupun sistem pencernaan, dan jika terakumulasi dalam tubuh dapat mengakibatkan jangka panjang yaitu gangguan kesehatan seperti hemokromatosis.⁵

Kadar besi (Fe) dalam air sumur merupakan salah satu parameter yang penting dalam menentukan kualitas air. Namun banyak sumur gali yang kadar besinya masih tinggi sehingga belum memenuhi syarat untuk digunakan. Pembuktian tersebut telah dilakukan dalam penelitian Nanda, Meutia dkk (2023) terdapat hasil uji kadar besi (Fe) pada sumur gali yaitu 0,375 mg/L.⁶ Bahkan lebih tinggi kadar besi pada air sumur gali dalam penelitian Sangadjisowohy, Idayani dkk (2024) yang dihasilkan sebesar 2 mg/L.⁷ Hasil penelitian Pamungkas, Akbar Ilham dkk (2023) juga didapatkan kadar besi (Fe) air sumur gali dengan kisaran 5,9 mg/L yang melebihi baku mutu dari PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.⁸

Faktor yang mempengaruhi kualitas air pada sumur gali adalah kedalaman sumber air yang digunakan. Sumur gali memiliki pH yang lebih rendah karena dipengaruhi oleh resapan air dari permukaan. Rendahnya pH tersebut memberi

pertanda bahwa tingkat keasaman lebih tinggi dan pada dasarnya merupakan akibat dari masuknya air hujan maupun aliran zat organik dan anorganik yang ada di permukaan tanah.⁹ Air dari sumur gali berisiko tercemar akibat aktivitas industri. Pencemaran ini dapat terjadi ketika limbah cair industri meresap melalui pori-pori tanah dan masuk ke dalam sumur. Selain itu, tumpahan bahan kimia berbahaya dari kegiatan industri yang menyebar ke lingkungan sekitar juga dapat menjadi sumber pencemaran, terutama jika bahan tersebut bersifat mudah terurai dan mencemari tanah maupun air.¹⁰

Besi yang tedapat dalam air umumnya dalam bentuk terlarut, seperti senyawa atau garam bikarbonat, sulfat, hidroksida, koloid atau berinteraksi dengan senyawa organik. Keberadaan unsur Fe dalam air umumnya dapat dikenali melalui perubahan sifat fisik, terutama ketika air berubah warna menjadi kuning kecokelatan setelah terkena paparan udara. Selain dapat menimbulkan masalah kesehatan, besi dalam air juga dapat menyebabkan bau tidak enak, mengubah warna dinding bak menjadi kuning, dan meninggalkan bercak kuning pada pakaian.¹¹ Maka dari itu terdapat pengolahan air yaitu dengan menggunakan karbon aktif.

Karbon aktif merupakan salah satu jenis material yang sering dimanfaatkan sebagai adsorben dalam proses penjernihan atau permurnian air. Bahan ini memiliki karakteristik utama berupa luas permukaan yang sangat besar, sehingga memungkinkan terjadinya proses penyerapan (adsorpsi) dengan lebih efektif. Dengan sifat tersebut, karbon aktif mampu menyerap dan mengikat berbagai zat yang tidak diinginkan, termasuk partikel penyebab warna, senyawa penyebab bau, serta kontaminan atau polutan yang terkandung di dalam air. Dengan demikian, kualitas air menjadi lebih layak untuk digunakan. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan-bahan alami yang kaya akan lignoselulosa.¹² Karbon aktif berbentuk padatan berpori dan tersusun dari 85 % hingga 95 % unsur karbon. Bahan ini diperoleh melalui proses pemanasan bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi.¹⁰

Bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai karbon aktif adalah cangkang kelapa sawit. Limbah yang dihasilkan ini merupakan produk sampingan dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Jumlahnya tergolong sangat besar, yakni diperkirakan mencapai kurang lebih 60 % dari keseluruhan hasil produksi minyak sawit. Limbah dari cangkang sawit menjadi masalah karena jumlahnya yang sangat banyak dan masih belum dimanfaatkan secara optimal. Seperti halnya kayu, cangkang sawit diketahui mengandung bahan-bahan terserat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin.¹³ Maka dapat digunakan sebagai karbon aktif dalam penurunan senyawa kimia pada air bersih dan mendapatkan karbon aktif cangkang sawit nya sangat mudah dalam kehidupan sekarang serta biaya yang juga murah.

Ketebalan pada penggunaan karbon aktif sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali. Berdasarkan hasil penelitian Simangunsong, Yesika Juniarta dan Yusmidiarti (2021) mengaplikasikan karbon aktif dari bonggol jagung dengan variasi ketebalan yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan sehingga mendapatkan hasil yang paling efektif. Dari serangkaian percobaan tersebut, diketahui bahwa ketebalan media 25 cm merupakan kondisi yang paling efektif. Pada ketebalan tersebut, kandungan besi dalam air yang awalnya berjumlah 2,17 mg/L berhasil diturunkan hingga mencaapai 0,949 mg/L. Hasil ini menunjukkan penurunan sebesar 56 % dari kadar awal.¹⁰ Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Adeko, Riang dan Andriana Marwanto (2020) menggunakan karbon aktif dari biji kapuk dengan perlakuan ketebalan yang paling efektif yaitu 50 cm, sebelum perlakuan kadar besi sebesar 2,20 mg/L menjadi 0,67 mg/L (persentase 71,81 %).¹⁴ Sehingga juga dapat digunakan variasi ketebalan ini pada karbon aktif dari cangkang sawit dalam penurunan kadar besi (Fe) air sumur gali.

Berdasarkan penelitian Mushthafa, Nabil (2020) melakukan pengujian variasi waktu kontak yang optimum pada karbon aktif cangkang sawit. Hasil dari pengujian ini didapatkan waktu yang optimum penyerapan kadar besi (Fe) adalah 15 menit dengan persentase 99,89 %, karena mempunyai kemampuan penyerapan

yang tinggi dan dalam waktu yang cepat. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak ion Fe yang dapat diserap oleh bahan adsorben.¹⁵ Penelitian yang dilakukan oleh Afiza, Nurul (2022) kemampuan karbon aktif cangkang sawit yang paling efektif waktu kontaknya yaitu 30 menit dengan ketebalan 30 cm yang konsentrasi awalnya 2,885 mg/L menjadi 0,845 mg/L setelah 3 kali pengulangan (persentase 69,26 %).¹⁶ Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali untuk memastikan bahwa data yang dianalisis lebih relevan dengan populasi, sesuai dengan sampel yang diambil. Pengulangan tersebut dapat memperoleh data yang valid dan bukan data yang bersifat kebetulan.¹⁷ Dengan demikian, dinyatakan bahwa penggunaan karbon aktif yang dibuat dari limbah cangkang sawit mampu memberikan kinerja terbaik dalam pengolahan air sumur apabila diterapkan dengan variasi ketebalan media serta waktu kontak yang sesuai

Mengambil landasan pada uraian yang dijabarkan diatas, peneliti berminat untuk meneliti bagaimana kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penilitian ini adalah bagaimana kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali

2. Tujuan Khusus

- a. Diketahui kemampuan karbon aktif cangkang sawit ketebalan 20 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

- b. Diketahui kemampuan karbon aktif cangkang sawit ketebalan 40 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.
- c. Diketahui kemampuan karbon aktif cangkang sawit ketebalan 60 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

D. Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan karbon aktif cangkang sawit yang dimasukkan ke dalam alat percobaan dengan ketebalan yang berbeda dalam waktu yang sama.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

- a. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa karbon aktif yang terbuat dari cangkang sawit dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe pada air sumur gali.
- b. Memperluas pengetahuan penulis dan sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya.

2. Bagi Masyarakat

Menambah pengetahuan masyarakat dalam penggunaan karbon aktif dari cangkang sawit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 sebagai Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, air untuk keperluan higiene dan sanitasi atau air bersih adalah air yang diperuntukkan bagi kebutuhan higiene individu atau kebutuhan dalam rumah tangga. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air ditetapkan khususnya bagi rumah tangga yang menggunakan sumber air secara mandiri atau memiliki sumber air sendiri untuk kebutuhan sehari-hari. Air dapat dikategorikan sebagai air bersih apabila terlindung dari kontaminasi fisik, kimia dan mikrobiologi.³ Secara fisik, air yang bersih tampak jernih, tidak memiliki bau dan digunakan dalam aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, serta dimasak sebelum dikonsumsi sebagai air minum. Air bersih merupakan salah satu jenis sumber daya yang memiliki kualitas baik dan sangat penting dalam kehidupan manusia, terutama untuk kebutuhan konsumsi dan berbagai aktivitas domestik lainnya.¹⁸

B. Sumur Gali

Sumur gali merupakan salah satu sumber air bersih yang diperoleh dengan cara menggali tanah secara manual hingga mencapai lapisan yang mengandung air tanah. Berdasarkan kedalamannya, sumur gali dibedakan menjadi dua jenis yaitu sumur dangkal yang memiliki kedalaman sekitar 10-15 meter, dan sumur dalam yang kedalamannya antara 15-30 meter.¹⁹ Persyaratan sumur gali sebagai air bersih adalah :

1. Dinding sumur memiliki kedalaman minimal 3 meter dari permukaan tanah atau lantai. Material yang digunakan harus bersifat kedap air dan cukup kokoh, sehingga mampu mencegah retakan atau longsor, guna menghindari masuknya air yang tercemar ke dalam sumur. Kedalaman yang diambil sekitar 3 meter agar bakteri yang ada akan mati dan tidak dapat berkembang biak lagi.²⁰

2. Pada kedalaman sekitar 1,5 meter dari permukaan, bagian dinding sumur dibangun menggunakan bahan baku bata yang tidak dilapisi semen. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya longsor tanah yang berfungsi sebagai penopang dibagian atas.²⁰
3. Bagian atas sumur dilengkapi dengan dinding atau bibir sumur dengan ketinggian sekitar 0,8 meter dari lantai, terbuat dari bahan yang kuat dan tahan air untuk mencegah agar air dari sekitarnya tidak masuk ke dalam sumur, serta untuk menjaga keselamatan pengguna.²⁰
4. Lantai di sekitar sumur dibuat dari semen atau tahan terhadap air, dengan lebar sekitar 1,5 meter dari tepi bibir sumur, serta memiliki kemiringan antara 1-5 % agar air tidak tergenang di permukaan lantai. Lantai sumur yang tidak memiliki retakan atau kebocoran dapat dibersihkan dengan mudah.²⁰
5. Sebaiknya sumur diberi penutup atau atap untuk mencegah masuknya air hujan dan kotoran lainnya ke dalam sumur. Selain itu, ember yang digunakan tidak diletakkan di bawah atau di lantai, tetapi sebaiknya digantung.²⁰
6. Adanya sarana pembuangan air limbah yang kedap air atau tidak bocor, dengan minimal kemiringan 2 % menuju proses pengolahan air buangan atau penyerapan.²⁰
7. Air sumur sebaiknya diambil dengan pompa, dan jika menggunakan timba, timba tersebut digantung setelah digunakan dan tidak boleh diletakkan di lantai sumur.²⁰

C. Besi (Fe)

Unsur besi yang ada di dalam air dengan jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk pembentukan sel darah merah. Namun jika ada kelebihan pada unsur ini, akan menimbulkan bau dan perubahan warna menjadi kemerahan, selain itu juga dapat menyebabkan adanya endapan di pipa-pipa logam dan bahan cucian.²¹

Besi terlarut dalam air dapat berasal dari pipa atau tangki berbahan besi yang mengalami korosi, yaitu rendahnya pH air yang bersifat asam, keberadaan CO₂ yang bersifat agresif, jumlah O₂ yang terlarut dalam air, suhu air yang tinggi, tingkat konduktivitas listrik yang tinggi, serta keberadaan bakteri besi dalam air yang dapat merusak besi. Apabila konsentrasi besi dalam air melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, maka dapat memicu berbagai masalah seperti pembentukan endapan berupa Fe(OH) yang bersifat korosif bagi pipa dan akan mengakumulasi di dalam saluran pipa, sehingga dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran perpipaan, serta timbulnya warna, bau dan rasa yang tidak diinginkan. Besi terlarut dalam air biasanya berbentuk ion ferro (Fe²⁺) atau ion ferri (Fe³⁺), tergantung pada tingkat keasaman (pH) dan jumlah oksigen yang terlarut dalam air.²²

1. Penyebab Tingginya Kadar Besi dalam Air

a. Rendahnya pH Air

Ketika pH air kurang dari 7 (≤ 7), maka menunjukkan bahwa air berada dalam kondisi asam. Kondisi ini akan menyebabkan proses korosi yang dapat mendorong pelarutan besi dan logam lainnya ke dalam air. Jadi, akibatnya air dalam keadaan pH asam cenderung memiliki tingkat besi yang tinggi.²³

b. Gas Terlarut dalam Air

Keberadaan gas-gas terlarut seperti hidrogen sulfida (H₂S) dan karbon dioksida (CO₂) berpotensi menimbulkan korosi. Hal ini disebabkan oleh sifat H₂S yang sangat agresif, karena mampu melepaskan ion sulfur (S²⁻) dan menghasilkan ion hidrogen (H⁺) yang berperan dalam proses korosi. CO₂ juga menjadi masalah karena ketika berinteraksi dengan air, CO₂ dapat membentuk asam karbonat yang bersifat korosif. Oleh karena itu, apabila H₂S berada pada lingkungan yang mengandung CO₂, ini akan mendorong peningkatan tingkat keasaman dan akibatnya akan mempercepat laju korosi.²³

c. Bakteri

Bakteri yang hidup di lingkungan besi adalah mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk kelangsungan hidupnya (bakteri aerob) dan ditemukan pada air yang kaya mineral. Selain mineral, tingginya kadar CO₂ dalam air juga merupakan faktor pemicu terhadap pertumbuhan bakteri tersebut. Bakteri ini berfungsi untuk menyerap unsur besi di sekitarnya, sehingga konsentrasi unsur besi (Fe) dalam air berkurang. Aktivitas dari bakteri yang terdapat pada besi menghasilkan presipitat (oksida besi) yang dapat mengakibatkan perubahan warna pada pakaian dan bangunan. Beberapa contoh jenis bakteri ini adalah *Lepothrix*, *Galleanella*, *Crenothrix*, *Siderocapsa* dan *Sphaerotilus*.²³

2. Bahaya Air Mengandung Besi

Air yang mengandung besi terlarut tinggi dapat menimbulkan bahaya, seperti:

a. Gangguan Teknis

Endapan besi dapat memiliki dampak negatif dan menyebabkan gangguan teknis pada sistem saluran, pipa air, mesin pompa, kloset, wastafel dan bak yang terbuat dari seng karena dapat menyebabkan penyumbatan yang disebabkan oleh sifat korosif dari endapan besi tersebut.²³

b. Gangguan Kesehatan

Zat besi adalah elemen yang dibutuhkan oleh manusia, tetapi jika terlalu banyak dikonsumsi, ini dapat menyebabkan masalah kesehatan. Ketika air yang diminum mengandung kadar besi, akan merasakan mual dan bahkan bisa merusak dinding usus manusia. Selain itu, akumulasi dari kadar besi yang berlebihan dalam tubuh dapat menimbulkan hemokromatosis, baik yang bersifat primer maupun sekunder.²³

Untuk hemokromatosis primer, terjadi penumpukan besi yang berlebihan dimana kadar feritin memiliki kadar besi yang tinggi. Ketika berada dalam keadaan jenuh, kelebihan tersebut akan terakumulasi dengan

cara kompleks bersama mineral lain (hemosiderin) yang dapat menyebabkan sirosis hati dan merusak pankreas, sehingga menimbulkan penyakit diabetes. Sedangkan, hemokromatosis sekunder terjadi akibat transfusi yang dilakukan berulang kali, sehingga besi masuk ke dalam tubuh berupa hemoglobin dari darah yang telah ditransfusikan.²³

c. Gangguan Ekonomis

Ketika air memiliki kandungan besi yang tinggi, peralatan menjadi rusak. Kerusakan ini memerlukan pengeluaran yang cukup besar untuk memperbaiki dan mengganti.²³

Berikut terdapat besi (Fe) yang diperbolehkan berdasarkan PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Parameter Kimia untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi

No	Jenis Parameter (Kimia)	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
1.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA

Sumber : PMK No 2 Tahun 2023.³

D. Karbon Aktif Cangkang Sawit

1. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif adalah zat padat berpori yang mengandung 85 % - 95 % karbon dan 5 % - 15 % deposit. Karbon aktif sering disebut sebagai arang aktif yang telah melalui proses aktivasi baik secara fisik maupun kimia. Aktivasi fisik adalah bahan bakunya diubah menjadi arang. Sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang menggunakan bahan kimia tertentu. Proses aktivasi ini mengakibatkan senyawa tersebut memiliki pori-pori yang lebih besar dan juga meningkatkan luas permukaannya. Tujuan dari pori-pori yang besar dan peningkatan luas permukaan adalah untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi atau daya ikatnya.²⁴

Karbon aktif adalah material yang unik karena memiliki pori dengan ukuran pada skala molekul (nanometer). Rongga yang besar tersebut memiliki gaya Van der Waals yang cukup signifikan. Yaitu adanya gaya tarik menarik di antara ion-ion atau molekul yang terdapat dalam karbon aktif tersebut. Karbon aktif merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna yang akan menghasilkan karbon monoksida. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan atom karbonnya membentuk struktur heksagonal datar. Karbon aktif memiliki luas permukaan sekitar $300 \text{ m}^2 - 3500 \text{ m}^2/\text{gram}$.²⁴

Proses pembuatan karbon aktif melalui tiga tahap, yaitu:

a. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi adalah proses penghilangan atau pengurangan kadar air pada suatu bahan baku. Metode yang digunakan dalam proses ini yaitu dengan cara dipanaskan pada sinar matahari atau bantuan alat tertentu. Oven adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar air.²⁴

b. Proses Karbonisasi atau Pengarangan

Proses karbonisasi adalah proses pembakaran bahan baku dengan menggunakan udara yang terbatas pada suhu antara $300 \text{ }^\circ\text{C}$ hingga $900 \text{ }^\circ\text{C}$, tergantung pada kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses ini menghasilkan penguraian senyawa organik yang ada dalam struktur bahan sehingga terbentuk methanol, uap asam asetat, tar dan hidrokarbon. Material padat yang tersisa setelah proses pengarangan adalah karbon dalam bentuk arang yang memiliki luas permukaan spesifik yang sangat kecil.²⁴

c. Proses Aktivasi

Proses aktivasi dibagi menjadi dua bagian yaitu aktivasi fisik dan aktivasi kimia.

- 1) Aktivasi fisik adalah proses dengan menggunakan pemanasan. Umumnya bahan baku yang digunakan harus memiliki unsur karbon. Unsur karbon tersebut dipanaskan di dalam furnace pada suhu $300 \text{ }^\circ\text{C}$ hingga $900 \text{ }^\circ\text{C}$. Beberapa jenis bahan baku lebih mudah diaktivasi

karena memiliki kekerasan yang rendah. Semakin keras bahan baku tersebut, maka proses aktivasi secara fisik membutuhkan suhu yang lebih tinggi. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon, terutama yang memiliki pori-pori dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan karbon aktif.²⁴

- 2) Aktivasi kimia adalah proses yang mengandalkan penggunaan bahan-bahan kimia atau reagen yang berperan sebagai pengaktif. Beberapa bahan kimia yang dapat berfungsi sebagai pengaktif yaitu CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 dan sebagainya. Unsur-unsur mineral yang berfungsi sebagai aktivator termasuk diantara plat heksagonal dari kristalit dan memisahkan permukaan yang awalnya tertutup. Oleh karena itu, ketika proses pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori-pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini mengakibatkan peningkatan luas permukaan aktif dan meningkatkan daya serap dari karbon aktif.²⁴

Berikut ditampilkan gambar cangkang sawit sebelum dan sesudah dijadikan karbon aktif



Sebelum

Sesudah

Gambar 2.1 Cangkang Sawit Sebelum dan Sesudah Karbon Aktif

Cangkang kelapa sawit merupakan limbah industri organik yang mudah terurai, walaupun proses penguraiannya secara alami memerlukan waktu yang

cukup lama. Limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk produksi karbon aktif. Karbon aktif terdiri dari karbon amorf yang sebagian tersusun dari karbon yang memiliki permukaan bagian dalam untuk memungkinkan terjadinya penyerapan (adsorpsi) yang efektif.²⁵

Secara umum, limbah padat dari industri kelapa sawit memiliki bahan organik yang tinggi sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Limbah padat dari kelapa sawit terdiri dari hemiselulosa (pentosan) sebanyak 24 %, selulosa (heksosan) 40 %, lignin 21 %, serta abu dan komponen lainnya sebanyak 15 %. Berdasarkan dari komponen kimia tersebut, metode penumpukan dan pembakaran tidak tepat dan efektif dalam menangani masalah limbah padat kelapa sawit.²⁶

Karbon aktif memiliki persyaratan yang terkandung didalam karbon tersebut yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.2 Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI. 06-3730-1995).²⁴

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Max 15	Max 25
2.	Kadar Air	%	Max 4,4	Max 15
3.	Kadar Abu	%	Max 2,5	Max 10
4.	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
5.	Karbon Aktif Murni	%	Min 80	Min 65

Sumber : Buku Alternatif Bahan Baku Arang Aktif.²⁴

2. Sifat Fisik dari Karbon Aktif
 - a. Zat padat berwarna gelap.
 - b. Bentuknya tidak memiliki struktur yang teratur.
 - c. Tidak memiliki rasa.
 - d. Tidak mengeluarkan aroma.

- e. Memiliki sifat menyerap kelembapan.
 - f. Tidak dapat larut dalam air, larutan asam, larutan basa, atau pelarut organik dan anorganik lainnya.
 - g. Tidak memiliki titik leleh yang tajam.
 - h. Tidak memiliki sifat pemanasan fusi.
 - i. Tidak berpengaruh oleh temperatur atau tingkat pH.²⁴
3. Kegunaan Karbon Aktif
- a. Menjernihkan air
 - b. Mengurangi zat pencemar dalam air
 - c. Sektor produksi masker wajah
 - d. Memutihkan gigi
 - e. Obat penawar racun
 - f. Meningkatkan kinerja ginjal
 - g. Menurunkan kadar kolesterol
 - h. Mengatasi bau badan.²⁴

E. Adsorpsi

1. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi adalah suatu metode untuk memisahkan komponen dari larutan dengan memanfaatkan zat padat yang berpori. Kunci keberhasilan dari proses adsorpsi sangat bergantung pada pilihan adsorben (penyerap) yang tepat. Adsorben yang ditetapkan dalam proses ini harus memiliki luas permukaan yang spesifik serta volume pori yang besar. Secara umum, kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben akan semakin baik seiring dengan bertambahnya luas permukaan spesifik dan volume pori. Berbagai macam adsorben, baik yang berasal dari alam maupun yang dibuat secara sintesis telah dikembangkan untuk memperoleh adsorben dengan kemampuan penyerapan dan efisiensi pemisahan yang optimal.²⁷

Proses adsorpsi dapat dikategorikan dalam dua jenis mekanisme utama, tergantung pada sifat gaya yang terlibat.²⁷

- a. Adsorpsi Fisik atau Fisisorpsi
- b. Adsorpsi Kimia atau Kemisorpsi

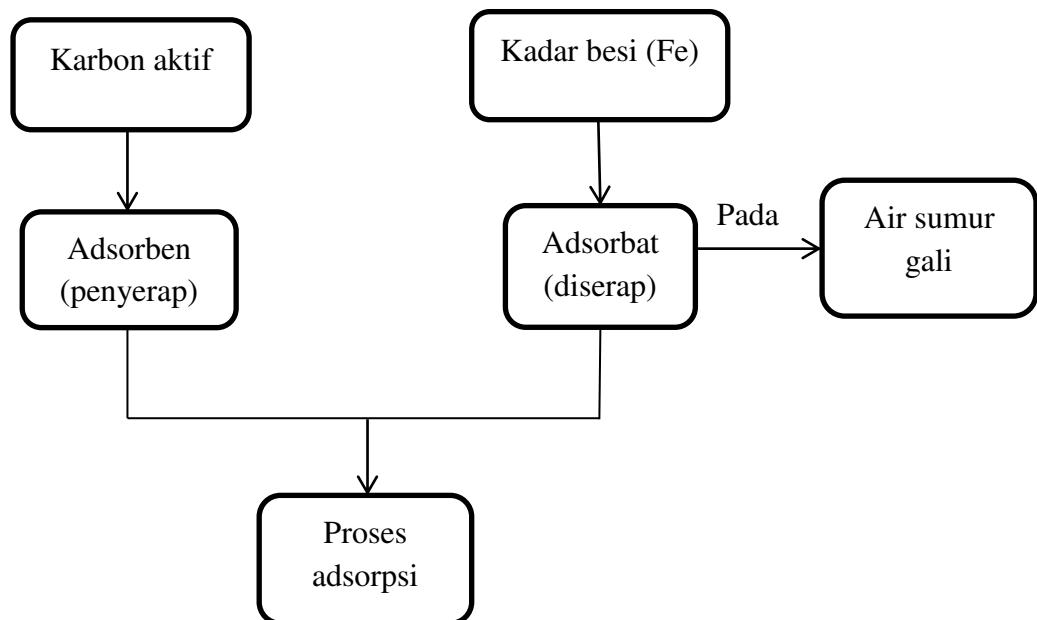
Adsorpsi fisik terjadi ketika ikatan antara adsorben dan zat yang diserap (adsorbat) adalah ikatan Van der Waals yang lemah. Proses ini dapat menghasilkan pembentukan multilayer (lapisan ganda), ini mengakibatkan ketergantungan yang lebih besar pada karakteristik adsorbat dibandingkan dengan adsorben yang padat. Sedangkan adsorpsi kimia, terdapat pembentukan ikatan kimia antara adsorben dan zat yang diserap. Berbeda dengan adsorpsi fisik, adsorpsi kimia bersifat ireversibel yaitu tidak dapat diubah kembali. Dengan adanya suhu awal yang tinggi, adsorpsi kimia akan membentuk lapisan tunggal pada permukaan adsorben, dan kemudian diikuti oleh pembentukan multilayer yang terikat oleh gaya fisik.²⁷

2. Kemampuan Adsorpsi

- a. Karakteristik adsorben karbon aktif adalah suatu padatan berpori, yang sebagian tersusun dari unsur karbon yang tidak terikat dan masing-masing memiliki ikatan kovalen. Permukaan karbon aktif memiliki sifat non polar. Komposisi, tingkat polaritas, struktur pori merupakan faktor utama yang harus diperhatikan.²⁴
- b. Jumlah adsorben yang digunakan harus memiliki ukuran partikel yang seragam, yaitu memiliki luas permukaan per satuan luas yang tetap sehingga jumlah adsorbat yang terikat sebanding dengan berat adsorben.
- c. Kelarutan dari adsorben mengacu pada proses adsorpsi yang akan terjadi ketika molekul terpisah dari pelarut dan diikat pada permukaan karbon aktif, dimana senyawa yang larut adalah yang memiliki afinitas tinggi terhadap pelarutnya.
- d. Sifat serapan adalah jumlah senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, namun kemampuan untuk mengikat berbeda untuk tiap senyawa.

- e. Suhu yang mempengaruhi terhadap proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal dari senyawa yang diserap.²⁴

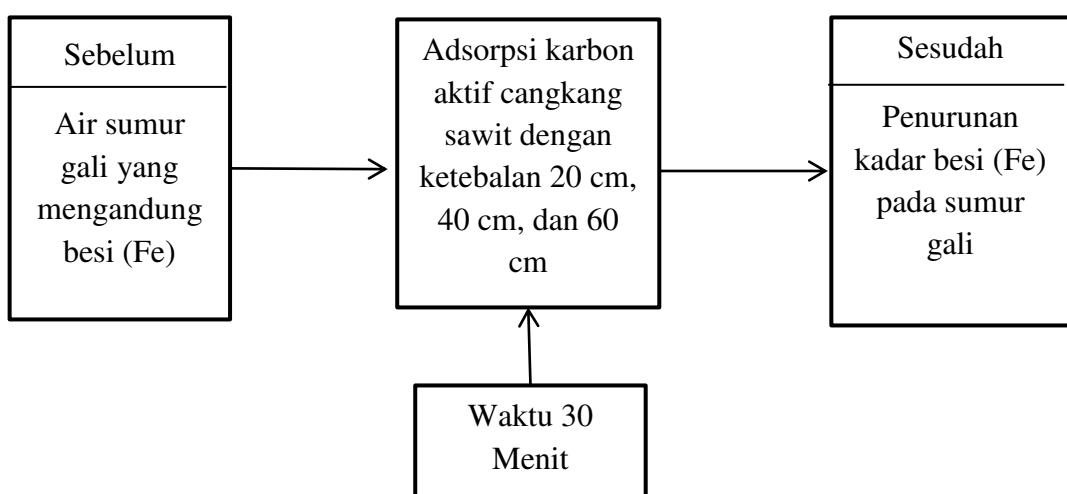
F. Kerangka Teori



Sumber : Ismadji, Suryadi dkk, 2021.²⁷

Gambar 2.2 Kerangka Teori

G. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

H. Definisi Operasional

Tabel 2.3 Definisi Operasional

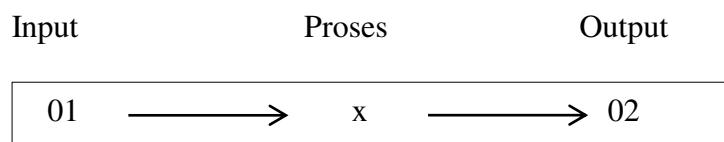
No	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Karbon aktif cangkang sawit	Adalah bahan yang dihasilkan melalui proses karbonisasi dan aktivasi dari limbah cangkang kelapa sawit. Yang diaplikasikan dengan ketebalan 20 cm, 40 cm, 60 cm pada air sumur gali yang mengandung kadar Fe	Meteran	Pengukuran	Kategorik, yaitu : 1. 20 cm 2. 40 cm 3. 60 cm	Ordinal
2.	Kadar besi (Fe) sebelum adsorpsi	Adalah kadar zat besi (Fe) yang terlarut pada air sumur gali sebelum adsorpsi karbon aktif cangkang sawit	Spektrofotometer	Spektrofotometri	...ppm	Rasio
3.	Kadar besi (Fe) sesudah adsorpsi	Adalah kadar zat besi (Fe) yang terlarut pada air sumur gali sesudah adsorpsi karbon aktif cangkang sawit	Spektrofotometer	Spektrofotometri	...ppm	Rasio

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini yang digunakan adalah eksperimental dengan desain eksperimen semu dengan melihat kemampuan penurunan kadar Fe pada air sumur gali setelah perlakuan sampel memanfaatkan karbon aktif cangkang sawit dengan variasi ketebalan yaitu 20, 40 dan 60 cm.



B. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di salah satu rumah warga daerah pesawahan Jorong Tangah Padang Nagari Cupak Kecamatan Gunung Talang Kabupaten Solok yang dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2025. Pemeriksaan dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Solok.

C. Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Botol sampel
 - b. Tali jagung
 - c. Pipa 4 inch
 - d. Dop 4 inch
 - e. Lem PVC
 - f. Kran air
 - g. Shockdrat luar
 - h. Meteran
 - i. Stopwatch

- j. Gergaji besi
 - k. Ember
2. Bahan
- a. Label
 - b. Karbon aktif cangkang sawit
 - c. Air sumur gali

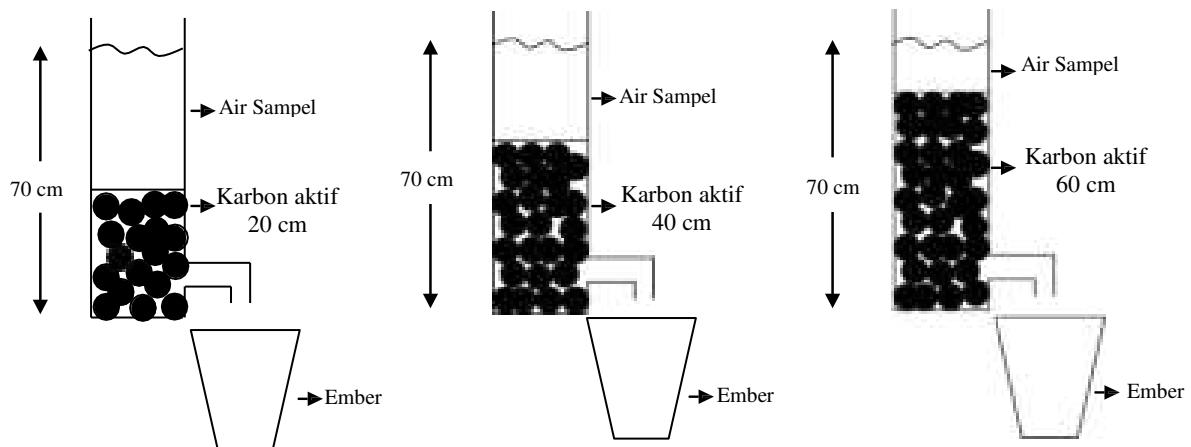
D. Pengambilan Sampel Air

1. Siapkan alat
2. Pengambilan sampel dari sumur gali digunakan botol sampel berbahan kaca dan diikat dengan tali.
3. Dilakukan 3 kali pengambilan
 - a. Pada pengambilan pertama air dibuang sebagai pencucian botol sampel.
 - b. Pengambilan kedua untuk pembilasan pada botol.
 - c. Pengambilan selanjutnya untuk sampel air.
4. Pastikan tidak ada gelembung pada botol sampel.
5. Setelah penuh botol sampel ditutup rapat.
6. Beri label pada botol
 - a. Nama pengambilan sampel
 - b. Hari dan tanggal
 - c. Waktu pengambilan sampel
 - d. Pemeriksaan untuk parameter (kimia : Fe)

E. Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat pipa PVC yang dialiri air secara kontinu dengan debit 0,166 L/menit, dimana air yang dialiri sebanyak 5 liter dalam 30 menit. Karbon aktif yang dimasukkan ke dalam pipa dengan variasi 20, 40, 60 cm dengan sampel air yang terkandung kadar besi (Fe). Kadar besi (Fe) pada air sumur gali terlarut dengan ciri-ciri bau nya seperti belerang dan rasa yang

tidak enak saat digunakan. Besi (Fe) yang digunakan untuk percobaan ini yaitu Fe jernih dengan kadar yang tinggi.



Gambar 3.1 Rancangan Penyaringan Air Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit

F. Pelaksanaan Percobaan

1. Cara Pembuatan Alat Penyaringan Air dengan Karbon Aktif
 - a. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
 - b. Lubangi bagian bawah pipa PVC dengan diameter sekitar 10 cm sebagai saluran keluarnya air hasil penyaringan.
 - c. Pasang shock drat luar dari bagian dalam pipa dan keluarkan melalui lubang yang telah dibuat sebelumnya.
 - d. Gunakan lem khusus pipa untuk menyatukan bagian-bagian pipa, lalu sambungkan kran air pada ujungnya.
 - e. Tutup bagian bawah pipa menggunakan dop PVC berukuran 4 inch dan lakukan pengujian untuk memastikan tidak ada kebocoran.
 - f. Ulangi langkah-langkah diatas sebanyak dua kali untuk membuat alat penyaring berikutnya.

2. Cara Kerja Alat Penyaringan Air dengan Menggunakan Karbon Aktif
 - a. Persiapkan alat dan bahan terlebih dahulu.
 - b. Bersihkan media karbon aktif sampai terpisah dari partikel halusnya.
 - c. Masukan media karbon aktif cangkang sawit ke dalam pipa hasil modifikasi dengan ketebalan 20 cm dan sampel air 5 liter yang mengandung kadar besi (Fe).
 - d. Aliri air secara kontinu dalam waktu 30 menit dan ditampung dengan menggunakan ember.
 - e. Ambil 100 ml air hasil penyaringan menggunakan botol sampel untuk dianalisis.
 - f. Pada proses penyaringan kedua dan ketiga, lakukan langkah yang sama seperti pada penyaringan pertama. Perbedaannya hanya terletak pada ketebalan media karbon aktif yaitu masing-masing 40 cm dan 60 cm.
 - g. Kemudian bawa sampel air dengan botol sampel ke Laboratorium Kesehatan untuk dilakukan pemeriksaan dengan spektrofotometer.

G. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis data dengan cara melihat rata-rata penurunan dan persentase penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur gali sesudah pemberian karbon aktif cangkang sawit dengan perlakuan 3 ketebalan yang bervariasi.

H. Penyajian Data

Dalam penelitian ini menyajikan data dalam bentuk tabel dan narasi sebagai penjelasan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Sampel

Pengambilan sampel air bersih dilakukan pada rumah yang memiliki sumur gali yang berada di daerah persawahan. Pada saat diambil dari sumbernya air tampak jernih. Namun, setelah beberapa saat kontak dengan udara, air berubah menjadi warna kuning, memiliki aroma dan rasa logam yang khas sehingga tidak nyaman saat digunakan.

B. Hasil

1. Kadar Fe Sebelum Perlakuan

Setelah dilakukan pengambilan sampel air dari rumah yang memiliki sumur gali dengan kadar besi (Fe) yang tinggi, pemeriksaan sampel air dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Maka diperoleh hasil kadar besi dalam air sumur gali tersebut, yang kemudian dibandingkan dengan nilai ambang batas sesuai standar baku mutu. Hasil pengujian dan perbandingannya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Konsentrasi Kadar Fe Sebelum Disaring Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit

Kadar Fe Sebelum Perlakuan	Standar Fe Berdasarkan PMK No 2 Tahun 2023	Hasil
1,53 mg/L	0,2 mg/L	Tidak memenuhi persyaratan

Berdasarkan tabel diatas diperoleh hasil kadar besi (Fe) pada air sumur gali yaitu sebesar 1,53 mg/L.

2. Kadar Fe Setelah Perlakuan

Pemeriksaan sampel air di UPT Laboratorium Kesehatan Daerah dilakukan untuk sampel sebelum perlakuan (pre-test) dan sesudah perlakuan

(post-test), dimana post-test dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Hasil pengujian kadar besi (Fe) setelah proses penyaringan menggunakan karbon aktif dari cangkang sawit disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.2 Konsentrasi Kadar Fe Setelah Disaring Dengan Karbon Aktif Cangkang Sawit

No	Ketebalan Karbon Aktif Cangkang Sawit (cm)	Kadar Fe Setelah Perlakuan Pengulangan			Rata-rata Kadar Fe Setelah Perlakuan (mg/L)
		1	2	3	
1	20	0,61	0,59	0,68	0,627
2	40	0,46	0,45	0,62	0,51
3	60	0,55	0,52	0,67	0,58

Berdasarkan tabel 4.2 diperoleh konsentrasi kadar Fe setelah penyaringan menggunakan karbon aktif cangkang sawit menunjukkan hasil yang bervariasi. Dari hasil rata-rata kadar besi (Fe) setelah perlakuan yang terbesar terdapat pada ketebalan 20 cm yaitu 0,627 mg/L.

3. Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Terhadap Kadar Fe

Kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar Fe pada air sumur gali ditampilkkan pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali

No	Ketebalan Karbon Aktif Cangkang Sawit (cm)	Kadar Fe (mg/L)		Rata-rata Penurunan kadar Fe (mg/L)	Percentase Penurunan (%)
		Sebelum	Setelah		
1	20	1,53	0,627	0,903	59,02
2	40	1,53	0,51	1,020	66,67
3	60	1,53	0,58	0,950	62,09

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diperoleh bahwa rata-rata penurunan dengan persentase kemampuan karbon aktif cangkang sawit. Dari tabel tersebut

dapat disimpulkan bahwa kemampuan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar Fe mencapai nilai maksimum pada ketebalan 40 cm yaitu rata-rata penurunan sebesar 1,02 mg/L dengan persentase 66,67 %.

C. Pembahasan

Sebelum perlakuan, sampe; air diambil dari sumur gali dengan kadar besi 1,53 mg/L. Angka ini jauh melebihi batas maksimal 0,2 mg/L sesuai ketentuan PMK RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Dengan demikian, kadar besi dalam sampel air sumur gali tersebut melebihi batas standar baku mutu yang berlaku. Hal ini dikarenakan air bersih pada rumah yang berada disekitar persawahan terkontaminasi oleh rembesan air yang mengandung pupuk dari aktivitas pertanian dan pada saat pengambilan sampel cuaca sedang kemarau yang menyebabkan kekeringan disekitar rumah serta permukaan air dalam sumur juga ikut turun kebawah. Kedalaman sumur gali yang dangkal akan berpengaruh terhadap tingginya kadar besi (Fe) yang merembes dari permukaan tanah.

Adanya kadar Fe yang tinggi dalam air sumur gali mengalami perubahan warna, rasa dan bau air. Air yang terasa dan berbau amis seperti logam, serta memiliki warna kuning. Hal ini sangat mengganggu kenyamanan dalam menggunakan air. Selain itu, air sumur yang terkontaminasi Fe dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan iritasi atau gangguan pada kulit ketika digunakan saat mandi. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk menurunkan kadar Fe, salah satunya dengan metode penyaringan menggunakan karbon aktif dari cangkang sawit. Saat melakukan penelitian, penulis membeli cangkang sawit yang sudah diolah menjadi karbon aktif dan siap digunakan sebagai media adsorben.

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan karbon aktif cangkang sawit dalam penurunan kadar Fe air sumur dengan rata-rata penurunan yang minimum berada pada ketebalan 20 cm yaitu sebesar 0,903 mg/L dikarenakan ketebalan yang digunakan kurang tebal sehingga karbon aktif cangkang sawit tidak bekerja secara maksimal dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali. Sedangkan rata-rata penurunan yang maksimum dalam penggunaan karbon aktif

cangkang sawit berada pada ketebalan 40 cm yaitu sebesar 1,02 mg/L. Hal ini dikarenakan karbon aktif cangkang sawit yang ketebalan tinggi dapat memaksimalkan dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali. Waktu detensi yang digunakan yaitu 30 menit juga sangat berpengaruh dalam penurunan kadar Fe pada air sumur karena waktu yang lama dapat teradsorpsi antara karbon aktif dengan kadar Fe sehingga dapat menyerap lebih banyak kadar Fe pada air sumur tersebut. Dengan ketebalan karbon aktif dan waktu yang digunakan dapat optimal dalam menurunkan kadar Fe pada air sumur. Setiap pipa yang telah dimodifikasi digunakan meteran untuk mengukur ketebalan agar sesuai dengan variasi ketebalan tersebut.

Adanya keterbatasan dan kelemahan dalam penelitian ini, seharusnya tidak ada pengulangan karena pengambilan sampel air sebelum perlakuan dalam penelitian ini hanya dilakukan 1 kali, pengulangan dalam konteks yang sebenarnya dilakukan pengambilan sampel air dalam pre test pada hari pertama, hasil pemeriksaan dari pengambilan sampel tersebut dilakukan percobaan dengan menggunakan karbon aktif cangkang sawit dengan 3 variasi ketebalan, hal ini disebut dengan pengulangan pertama. Dan untuk pengulangan kedua dilakukan pengambilan sampel air dalam pre test, dari hasil pemeriksaan tersebut dilakukan percobaan dengan menggunakan karbon aktif cangkang sawit dengan 3 variasi ketebalan, begitupun dengan pengulangan ketiga.

Kelemahan dalam penelitian ini juga terletak pada debit air yang sebelum penyaringan diketahui air yang dimasukkan ke pipa sebanyak 5 liter dan waktu detensi 30 menit. Seharusnya terlebih dahulu diketahui volume air pada ketebalan karbon aktif dari masing-masing pipa tersebut. Rumus volume air yaitu $V = \pi r^2 H$, jari-jari pada ujung pipa 5,7 cm, tinggi pipa 70 cm, tinggi karbon aktif cangkang sawit masing-masing yaitu 20 cm, 40 cm dan 60 cm dengan waktu detensi 30 menit. Sehingga volume pipa yaitu sebesar 7,14 liter dan ketebalan karbon aktif yang 20 cm didapatkan volume sebesar 2,04 liter, jika dikurangi volume pipa dengan volume karbon didapatkan hasil yaitu 5,1 liter. Untuk ketebalan karbon aktif 40 cm didapatkan volume sebesar 4,08 liter, jika dikurangi

volume pipa dengan volume karbon didapatkan hasil yaitu 3,06 liter. Ketebalan karbon aktif 60 cm didapatkan volume sebesar 6,12 liter, jika dikurangi volume pipa dengan volume karbon didapatkan hasil yaitu 1,02 liter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa volume air pada masing-masing ketebalan memiliki volume yang berbeda, dimana semakin tebal karbon aktif cangkang sawit dimasukkan ke dalam pipa maka volume air pada pipa semakin sedikit. Didapatkan volume air pada masing-masing pipa, maka dapat dicari debit air dengan rumus $Q = V / t$. Pada pipa yang berisi karbon aktif 20 cm didapatkan debit sebesar 0,17 liter/menit, pada pipa yang berisi karbon aktif 40 cm didapatkan debit sebesar 0,102 liter/menit, sedangkan pada pipa yang berisi karbon aktif 60 cm didapatkan debit sebesar 0,034 liter/menit. Sehingga juga dapat disimpulkan bahwa pada masing-masing pipa memiliki debit air yang berbeda.

Penurunan kadar Fe setelah perlakuan dengan menggunakan karbon aktif cangkang sawit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor dari lingkungan seperti pada saat pengambilan sampel air ke botol sampel, dengan air yang dialiri dari keran mengalami kontak dengan udara sehingga penurunan kadar Fe bisa disebabkan dari udara tersebut. Waktu dan jarak dari lokasi penelitian ke Laboratorium Kesehatan Daerah juga berpengaruh terhadap kadar Fe pada botol sampel. Walaupun sudah mengalami penurunan yaitu lebih dari 50 % tapi konsentrasi kadar Fe masih tinggi setelah perlakuan dan masih melebihi nilai ambang batas.

Hasil penelitian memperoleh hasil yang belum memenuhi syarat berdasarkan PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Untuk mendapatkan hasil yang memenuhi syarat, direkomendasikan air bersih dari sumur gali memiliki karakteristik yaitu air sumur gali yang terletak di daerah dengan tanah yang memiliki kandungan Fe yang rendah hingga sedang yaitu dibawah 1 mg/L, pH air yang stabil dan netral antara 6,5-7,5, kadar oksigen terlarut yang cukup rendah untuk memungkinkan adsorpsi Fe oleh karbon aktif, dan tidak ada kontaminasi lain yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Dengan karakteristik yang diatas

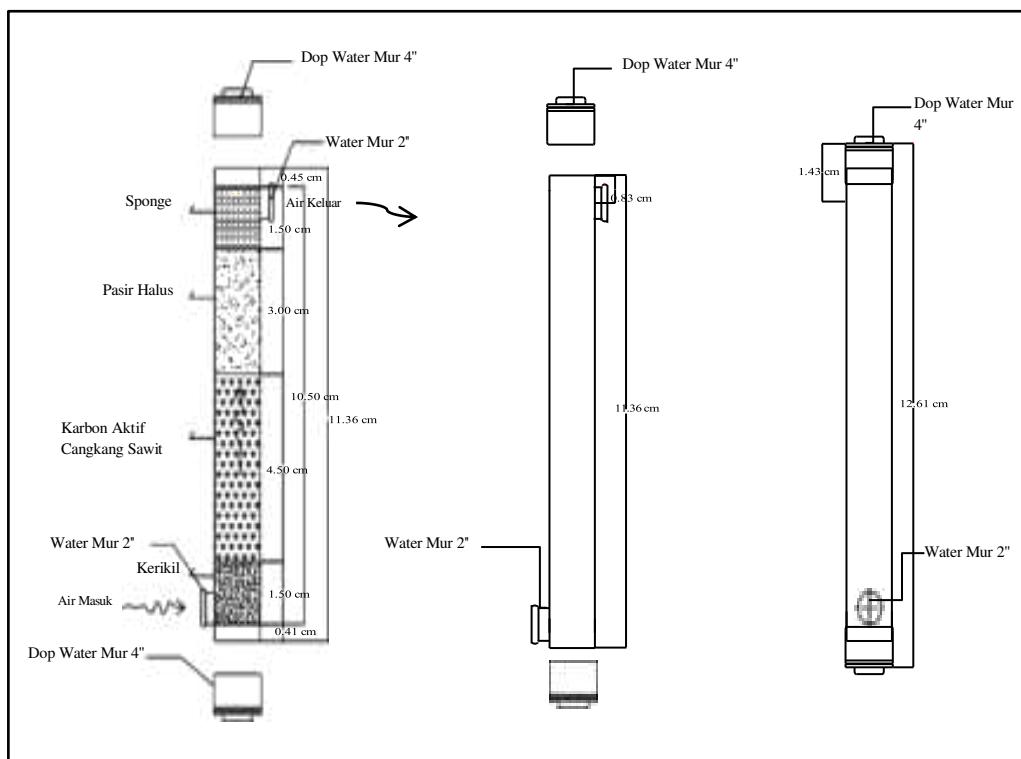
dapat dilakukan penyaringan menggunakan karbon aktif cangkang sawit berdasarkan variasi ketebalan, sehingga hasilnya dapat memenuhi syarat dibawah standar baku mutu yang ditetapkan.

Media karbon aktif cangkang sawit memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar besi terutama pada air sumur. Penelitian Rahmadani, Widitia dan Cut Suciatiina Silvia (2024) menggunakan sampel air sumur bor perumahan CRS yang kualitasnya cenderung keruh dan berbau. Hasil menunjukkan bahwa media karbon aktif dengan ketebalan 30 cm mampu menurunkan kadar Fe pada sampel A dan C hingga berada di bawah ambang batas 0,2 mg/L sesuai PMK RI Nomor 2 Tahun 2023. Namun, pada sampel B, kadar Fe setelah penyaringan masih melebihi batas maksimum yang ditentukan. Dengan demikian, karbon aktif dari cangkang sawit dinilai memiliki potensi signifikan dalam pengolahan air sumur, meskipun efektivitasnya dapat berbeda pada tiap kondisi air.²⁸

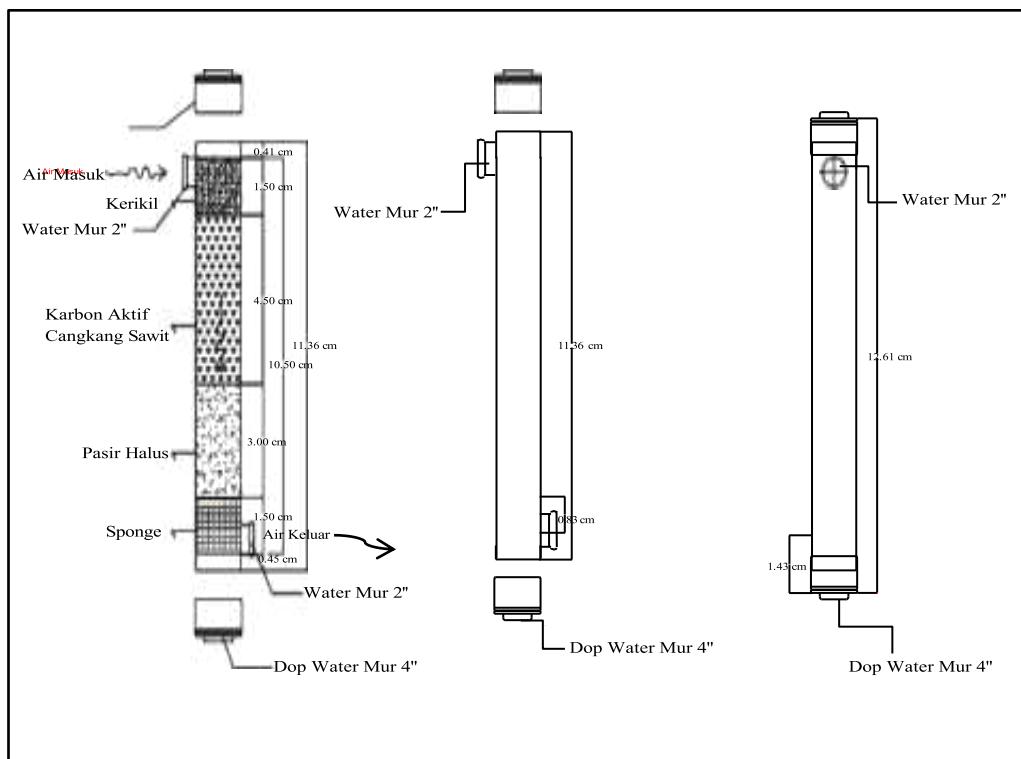
Karbon aktif yang berasal dari cangkang sawit dapat mengurangi kadar Fe dalam air sumur gali melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi adalah proses penempelan zat terlarut dari kadar Fe pada permukaan padatan berpori seperti karbon aktif. Struktur karbon aktif yang memiliki pori-pori berukuran mikro dan luas permukaan yang besar mempengaruhi kemampuan penyerapan ion logam. Ketebalan pada karbon aktif cangkang sawit berperan dalam penurunan kadar besi, semakin tebal lapisan karbon aktif, semakin besar area permukaan untuk adsorpsi dan semakin efektif prosesnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Eprie dkk (2021), yang mengungkapkan bahwa semakin banyak penggunaan media karbon aktif sebagai adsorben maka kadar Fe sebagai adsorbat yang terserap akan semakin besar. Semakin luas permukaan pada karbon aktif maka penyerapan akan semakin tinggi. Namun demikian, penggunaan adsorben yang berlebihan tidak selalu meningkatkan efisiensi proses adsorpsi. Hal ini disebabkan oleh adanya batas kejemuhan dalam larutan, media asorben tidak lagi mampu menyerap ion logam secara optimal setelah titik jemuhanya tercapai.²⁹

Penelitian ini mampu menjadikan karbon aktif cangkang sawit sebagai media dalam penurunan logam pada air bersih terutama pada kadar besi (Fe), dengan berbagai variasi ketebalan yang dapat membandingkan hasil maksimal. Mengaplikasikan media karbon aktif ini kepada masyarakat sangat mudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari karena bahan yang digunakan mudah diperoleh dan tidak memakai banyak biaya. Dengan adanya penyaringan menggunakan karbon aktif cangkang sawit, masyarakat dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari sehingga menggunakan air bersih yang jernih.

Berdasarkan hasil penurunan dan kemampuan dari media karbon aktif cangkang sawit, maka dapat disimpulkan bahwa karbon aktif cangkang sawit dapat digunakan dalam menurunkan kadar Fe pada air sumur gali walaupun hasil yang didapatkan belum maksimal. Hasilnya masih belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan PMK nomor 2 tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Perlu adanya kombinasi dalam filtrasi air dari beberapa media, sama hal nya yang dilakukan dalam penelitian Rahmadani, Widitia dan Cut Suciatina Silvia (2024) yaitu meningkatkan kualitas air sumur dapat dilakukan melalui sistem penyaringan dengan aliran up-flow dan down-flow, menggunakan kombinasi media filtrasi. Media penyaring yang digunakan terdiri dari karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit setinggi 30 cm, lapisan pasir halus setinggi 20 cm, kerikil setinggi 10 cm, serta sponge setinggi 10 cm.²⁸ Penyusunan media filtrasi yang lebih jelasnya ditampilkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4.1 Detail Media Filtrasi Pipa Tabung 1 (Up-Flow)



Gambar 4.2 Detail Media Filtrasi Pipa Tabung 2 (Down-Flow)

Pengambilan sampel pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmadani, Widitia dan Cut Suciatiina Silvia ini, sampel air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumur bor di kawasan perumahan CRS, dengan kondisi air sumur umumnya keruh dan berbau. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan karbon aktif dari cangkang sawit dengan ketebalan 30 cm menunjukkan efektivitas yang berbeda-beda pada masing-masing sampel. Penurunan kadar besi (Fe) paling optimal terjadi pada sampel A dengan efisiensi sebesar 71 %, diikuti oleh sampel B sebesar 50 % dan sampel C dengan efisiensi penurunan sebesar 44 %. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa media filtrasi yang salah satu menggunakan karbon aktif dari cangkang sawit berperan dalam menurunkan kadar besi pada air sumur gali.²⁸

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kemampuan karbon aktif cangkang sawit dengan ketebalan 20 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali yaitu sebesar 0,903 mg/L (59,02 %).
2. Kemampuan karbon aktif cangkang sawit dengan ketebalan 40 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali yaitu sebesar 1,02 mg/L (66,67 %).
3. Kemampuan karbon aktif cangkang sawit dengan ketebalan 60 cm dalam waktu 30 menit untuk menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur gali yaitu sebesar 0,95 mg/L (62,09 %).

B. Saran

Diharapkan bagi peneliti selanjutnya dapat memanfaatkan media karbon aktif dari cangkang sawit dengan metode pengolahan yang lebih optimal guna meningkatkan efektivitasnya dalam menurunkan kadar Fe pada air sumur gali dan bagi masyarakat dapat menggunakan karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air sumur gali yang sering digunakan pada kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Saputra A, A. A. *et al.* Perkiraan Kebutuhan Air Bersih Domestik Sumber Alami di Perdesaan; Studi di Desa Laramo, Kabupaten Konawe Utara. *SCEJ (Shell Civ. Eng. Journal)* 8, 83–94 (2023).
2. Sugriarta, E. & Suksmerri. *Penyehatan Air*. (Get Press Indonesia, Padang, 2023).
3. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan*. 1–179 (Indonesia, 2023).
4. Sappewali *et al.* Penurunan Kadar Besi Dengan Metode Filtrasi Pada Air Sumur Gali. *J. Ilm. Ecosyst.* 24, 329–339 (2024).
5. Bangun, H. A., J. Sitorus, M. E., Manurung, K. & Ananda, Y. R. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Metode Aerasi-Filtrasi Air Sumur Bor Masyarakat Kelurahan Tanjung Rejo. *Hum. Care J.* 7, 450 (2022).
6. Nanda, M. *et al.* Analisis Parameter Fisik (Kekeruhan, Bau, Rasa) Dan Uji Kandungan Besi (Fe) Pada Sumur Gali Dan Sumur Bor Di Kelurahan Bantan, Kecamatan Medan Tembung. *J. Kesehat. Tambusai* 4, 2993–2997 (2023).
7. Idayani, S., Rafiqa, I., Fikran, K. & Mustafa. Filtrasi dengan Arang Sekam Padi dalam menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur. *J. Promot. Prev.* 7, 335–341 (2024).
8. Pamungkas, A. I., Walukow, A. F., Medyati, N., Mulyono, S. & Mofu, R. Pengolahan Air Sumur Gali Yang Tercemar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn): Studi Kasus Di Kelurahan Koya Timur, Kota Jayapura. *J. Media Penelit. Dan Pengemb. Kesehat.* 33, 92–101 (2023).
9. Abdul Rahman Singkam, Lestari, I. L., Agustin, F. & Miftahussalimah, Pingkan Luthfiyyah Anggie Yovita Maharani, R. L. Perbandingan Kualitas Air Sumur Galian dan Bor Berdasarkan Parameter Kimia dan Parameter Fisika. *Pendidik. Biol. dan Sains* 4, 155–165 (2021).
10. Simangunsong, Y. J. & Yusmediarti. Efektivitas Karbon Aktif Bonggol Jagung (*Zea Mays*) Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali Di Kelurahan Padang Serai Kota Bengkulu. *J. Sanitasi Prof. Indones.* 2, 27–34 (2021).
11. Iyabu, H., Muhammad, A., Kilo, J. La & Kilo, A. La. Besi dalam Air Sumur: Studi Kasus di Kelurahan Dulalowo dan Heledulaa. *Jamb. J. Chem* 02, 46–52 (2020).

12. Lubis, R. A. F., Nasution, H. I. & Zubir, M. Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indones. J. Chem. Sci. Technol.* 3, 67–73 (2020).
13. Edwin Permana, Indra Lasmana Tarigan, Diah Rsk Gusti, I. L. Analisis Mutu Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Larutan Aktifator ZnCl₂. *Teknologi* 12, 170–175 (2020).
14. Adeko, R. & Marwanto, A. Perbedaan Penurunan Kandung Fe (Besi) Di Sumur Gali Menggunakan Karbon Aktif Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Sebagai Adsorben. *JNPH* 8, 65–70 (2020).
15. Mushtafa, N. Penggunaan karbon aktif dari limbah cangkang sawit sebagai penyerap zat besi dan mangan pada air sumur. (Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2022).
16. Afiza, N. Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. (2022).
17. Akib, M. A. *Prosedur Rancangan Percobaan*. *Lampena Intimedia* (Lampena Intimedia, Sulawesi Selatan, 2014).
18. Elvania, N. C. *Buku Ajar Pengolahan Air Bersih*. (Widina Media Utama, Bandung, 2025).
19. Zaman, N., Nasution, N. H. & dkk. *Manajemen Kualitas Air*. (Yayasan Kita Menulis, Makassar, 2023).
20. Sugriarta, E. & Suksmerri. *Penyehatan Air II*. (Get Press Indonesia, Padang, 2025).
21. Tamim, T. & Tumpu, M. *Sistem Penyediaan Air Minum*. (CV. Tohar Media, Makassar, 2021).
22. Hasanuddin & Leonard, F. Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) pada Perairan Sungai Radda. *Penelit. Multidisiplin Ilmu* 2, 2167–2172 (2023).
23. Indriyani, T. T. Kenali 3 Metode Penjernihan Air Dengan Kadar Zat Besi Tinggi. *PDAM info* <https://pdaminfo.pdampintar.id/blog/berita/kenali-3-metode-penjernihan-air-dengan-kadar-zat-besi-tinggi> (2024).
24. Christine J K Ekawati. *Alternatif Bahan Baku Arang Aktif*. (Rena Cipta Mandiri, Kupang, 2023).
25. Fatimah, S. Manfaat Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit. *Fakultas Sains dan Teknologi* <https://kumparan.com/siti-fatimah-1671242102103931589/manfaat-arang-aktif-cangkang-kelapa-sawit-1zSWcM2fexd/full> (2022).

26. Lubis, M. A. & Hidayat. *Cangkang Kelapa Sawit Berdaya Guna*. (Buku Literasiologi, Bengkulu, 2020).
27. Suryadi Ismadji *et al.* *Adsorpsi Pada Fase Cair : Kesetimbangan, Kinetika, Dan Termodinamika*. (Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, 2021).
28. Rahmadani, W. & Silviana, C. S. Peningkatan Kualitas Air Sumur Dengan Sistem Up-Flow dan Down-Flow Menggunakan Media Filtrasi Arang Cangkang Sawit. *J. Ilm. Mhs. Tek. Sipil UTU* 1, 13–29 (2024).
29. Eprie, Bungas, K. & Abudarin. Pemanfaatan arang cangkang sawit teraktivasi NaOH dan HCl dalam menurunkan kadar Fe, Mn dan zat warna pada air gambut. *J. Environ. Manag.* 3, 146–152 (2021).

LAMPIRAN 1

Hasil Laboratorium Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali



Three-Stage Class. / Best Distance: 21.350-2.8



Verfahren:
-Gesetze
-Fiktionen
-Eine konkrete Schlagzahl habe
-Ansp.



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
UPT LABORATORIUM KESERATAN DAERAH

www.WileyIndia.com | Psychology 1174 | Essential Psychology: Principles and Methods, 10e | By David G. Myers | ISBN: 978-81-265-6000-0 | Price: Rs. 1,295/-

Wiley Online Library 2009 266 269



• [Reviews](#)
• [Topics](#)
• [Preferences](#)
• [Our favorite University links](#)
• [Help](#)



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
UPT LABORATORIUM KESIHATAN DAERAH

www.BukuBesar-Pulang-Kidul.id atau Buku-Besar-Pulang-Kidul@Gmail.com

http://www.iitk.ac.in/~jkumar/teaching/2013-14/CS540/

Mr. Agusti
Rusdi
Jenis Sapi
1000 Rusa
Barber
Barber
Rusa
Rusa
Rusa
Rusa
Tgl. Tercatat
Perdagangan
Perdagangan
Aman-Satu

447/162/ABR/2019/IV/2020
Batal Penerbitan Kandil Ani Rusdi
Bar Barber
Baru Sapi Pengaruh I - 80/14
D-2000 Tawar, Ciputat

10 Jan 2020
10 Jan 2020
Hujan, Asri
Tengah, AM, Hari Asurah, A.100, 11, PVN/1000/2020-1-16
Peraturan Menteri Kandil Ani Rusdi Indonesia Skuter 2 Tahun 2019 Tentang Peraturan Perundang-Undangan Kandil Ani Rusdi Tahun 2019 Tentang Peraturan Perundang-Undangan Kandil Ani Rusdi Peraturan



Surface
Lantern
Sulphur
West Virginia Dryers 1000
kg.



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
UPT LABORATORIUM KEPERAWATAN DAERAH

Page 10 of 103 94/07/2019 09:49:44 - www.kidzworld.com

© 2008 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Management Education*, 32, 454–484



Business
- Finance
- Politics
- Urban Services (Healthcare, Fire
- Army

PEMERINTAH KABUPATEN SOLOR
UPT LABORATORIUM KESERATAN BAAKAI

Jl. Sekarharjo Pekan 121 (Kecamatan Sekarharjo, Kabupaten Solor, 81111)
Telp. 031-21212122, 031-21212123, 031-21212124



No. Aplikasi : 4000041480000A/PK/2021
Pihak : Pihak Pemerintah Daerah Pemerintah
Asal Surat : As Surat
Tujuan : Pihak Pihak Pengiriman 1 - 001/001
Objek : 01. Surat Tanda, Ucapan
Kategori : 01 Surat
Tgl. Surat : 10 Des 2021
Tgl. Tanda/ Lth : 10 Des 2021
Perihal : Surat Izin
Perihal Penanda : Surat Izin
Surat Dari : Bapak A. Muliadi, Pdt. Dikmas PK, K.G
Perihal Penanda : Perihal Izin Kegiatan Kepada Bapak Mulyadi, Dalam Rangka
Penanda : Penanda Surat Izin Kegiatan Kepada Bapak Mulyadi, Dalam Rangka
Penanda : Penanda Surat Izin Kegiatan Kepada Bapak Mulyadi, Dalam Rangka

Input Pk:
Mr. Muliadi
D:
Tanda

Bab I Pendahuluan

No	Penanda	Tanda	Data Pk:		Waktu Penanda	Sifat
			As Surat	As Tanda/ Lth		
1.	Surat Izin					
2.	Surat Izin	10 Des 2021	001/001	001/001		
3.	Surat Izin	10 Des 2021	001/001	001/001		
4.	Surat Izin					
5.	Surat Izin					
6.	Surat Izin					
7.	Surat Izin					
8.	Surat Izin					
9.	Surat Izin					
10.	Surat Izin					
11.	Surat Izin					
12.	Surat Izin					
13.	Surat Izin					
14.	Surat Izin					
15.	Surat Izin					
16.	Surat Izin					
17.	Surat Izin					
18.	Surat Izin					
19.	Surat Izin					
20.	Surat Izin					
21.	Surat Izin					
22.	Surat Izin					
23.	Surat Izin					
24.	Surat Izin					
25.	Surat Izin					
26.	Surat Izin					
27.	Surat Izin					
28.	Surat Izin					
29.	Surat Izin					
30.	Surat Izin					
31.	Surat Izin					
32.	Surat Izin					
33.	Surat Izin					
34.	Surat Izin					
35.	Surat Izin					
36.	Surat Izin					
37.	Surat Izin					
38.	Surat Izin					
39.	Surat Izin					
40.	Surat Izin					
41.	Surat Izin					
42.	Surat Izin					
43.	Surat Izin					
44.	Surat Izin					
45.	Surat Izin					
46.	Surat Izin					
47.	Surat Izin					
48.	Surat Izin					
49.	Surat Izin					
50.	Surat Izin					
51.	Surat Izin					
52.	Surat Izin					
53.	Surat Izin					
54.	Surat Izin					
55.	Surat Izin					
56.	Surat Izin					
57.	Surat Izin					
58.	Surat Izin					
59.	Surat Izin					
60.	Surat Izin					
61.	Surat Izin					
62.	Surat Izin					
63.	Surat Izin					
64.	Surat Izin					
65.	Surat Izin					
66.	Surat Izin					
67.	Surat Izin					
68.	Surat Izin					
69.	Surat Izin					
70.	Surat Izin					
71.	Surat Izin					
72.	Surat Izin					
73.	Surat Izin					
74.	Surat Izin					
75.	Surat Izin					
76.	Surat Izin					
77.	Surat Izin					
78.	Surat Izin					
79.	Surat Izin					
80.	Surat Izin					
81.	Surat Izin					
82.	Surat Izin					
83.	Surat Izin					
84.	Surat Izin					
85.	Surat Izin					
86.	Surat Izin					
87.	Surat Izin					
88.	Surat Izin					
89.	Surat Izin					
90.	Surat Izin					
91.	Surat Izin					
92.	Surat Izin					
93.	Surat Izin					
94.	Surat Izin					
95.	Surat Izin					
96.	Surat Izin					
97.	Surat Izin					
98.	Surat Izin					
99.	Surat Izin					
100.	Surat Izin					
101.	Surat Izin					
102.	Surat Izin					
103.	Surat Izin					
104.	Surat Izin					
105.	Surat Izin					
106.	Surat Izin					
107.	Surat Izin					
108.	Surat Izin					
109.	Surat Izin					
110.	Surat Izin					
111.	Surat Izin					
112.	Surat Izin					
113.	Surat Izin					
114.	Surat Izin					
115.	Surat Izin					
116.	Surat Izin					
117.	Surat Izin					
118.	Surat Izin					
119.	Surat Izin					
120.	Surat Izin					
121.	Surat Izin					
122.	Surat Izin					
123.	Surat Izin					
124.	Surat Izin					
125.	Surat Izin					
126.	Surat Izin					
127.	Surat Izin					
128.	Surat Izin					
129.	Surat Izin					
130.	Surat Izin					
131.	Surat Izin					
132.	Surat Izin					
133.	Surat Izin					
134.	Surat Izin					
135.	Surat Izin					
136.	Surat Izin					
137.	Surat Izin					
138.	Surat Izin					
139.	Surat Izin					
140.	Surat Izin					
141.	Surat Izin					
142.	Surat Izin					
143.	Surat Izin					
144.	Surat Izin					
145.	Surat Izin					
146.	Surat Izin					
147.	Surat Izin					
148.	Surat Izin					
149.	Surat Izin					
150.	Surat Izin					
151.	Surat Izin					
152.	Surat Izin					
153.	Surat Izin					
154.	Surat Izin					
155.	Surat Izin					
156.	Surat Izin					
157.	Surat Izin					
158.	Surat Izin					
159.	Surat Izin					
160.	Surat Izin					
161.	Surat Izin					
162.	Surat Izin					
163.	Surat Izin					
164.	Surat Izin					
165.	Surat Izin					
166.	Surat Izin					
167.	Surat Izin					
168.	Surat Izin					
169.	Surat Izin					
170.	Surat Izin					
171.	Surat Izin					
172.	Surat Izin					
173.	Surat Izin					
174.	Surat Izin					
175.	Surat Izin					
176.	Surat Izin					
177.	Surat Izin					
178.	Surat Izin					
179.	Surat Izin					
180.	Surat Izin					
181.	Surat Izin					
182.	Surat Izin					
183.	Surat Izin					
184.	Surat Izin					
185.	Surat Izin					
186.	Surat Izin					
187.	Surat Izin					
188.	Surat Izin					
189.	Surat Izin					
190.	Surat Izin					
191.	Surat Izin					
192.	Surat Izin					
193.	Surat Izin					
194.	Surat Izin					
195.	Surat Izin					
196.	Surat Izin					
197.	Surat Izin					
198.	Surat Izin					
199.	Surat Izin					
200.	Surat Izin					
201.	Surat Izin					
202.	Surat Izin					
203.	Surat Izin					
204.	Surat Izin					
205.	Surat Izin					
206.	Surat Izin					
207.	Surat Izin					
208.	Surat Izin					
209.	Surat Izin					
210.	Surat Izin					
211.	Surat Izin					
212.	Surat Izin					
213.	Surat Izin					
214.	Surat Izin					
215.	Surat Izin					
216.	Surat Izin					
217.	Surat Izin					
218.	Surat Izin					
219.	Surat Izin					
220.	Surat Izin					
221.	Surat Izin					
222.	Surat Izin					
223.	Surat Izin					
224.	Surat Izin					
225.	Surat Izin					
226.	Surat Izin					
227.	Surat Izin					
228.	Surat Izin					
229.	Surat Izin					
230.	Surat Izin					
231.	Surat Izin					
232.	Surat Izin					
233.	Surat Izin					
234.	Surat Izin					
235.	Surat Izin					
236.	Surat Izin					
237.	Surat Izin					
238.	Surat Izin					
239.	Surat Izin					
240.	Surat Izin					
241.	Surat Izin					
242.	Surat Izin					
243.	Surat Izin					
244.	Surat Izin					
245.	Surat Izin					
246.	Surat Izin					



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
DPT LABORATORIUM KESKELATAN DAERAH

The 1990 Interim Land Use Plan is the first step in the process of developing a comprehensive land use plan for the county.

Digitized by srujanika@gmail.com

Winnipeg 1966 New Haven, 1968-69



Features:
- Colors
- Patterns
- Icons
- Buttons



PEMERINTAH KABUPATEN MOLOK
UPT LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH

Preston and Pfeifer / *Health Services, 1988-1990*

2064-2071

Volume
Editor
Production
Ellen Kettunen, Ed.D.
Jesse

**PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
PT LABORATORIUM KESIHATAN DAERAH**

For more information, contact the U.S. Environmental Protection Agency's Office of Water, Washington, D.C. 20460, (202) 272-0160.

No. 4999	447 South Avenue, Albany, NY 12207	Books for Adults
Phone	518-465-2100	518-465-2100
Anti-Social	By Author	518
Child Safety	Pub Text Publishers	Range
Crime	1-2012	
Science	2. Social Studies, English	
Sex Surgery		
Self Defense	11 Oct 2005	
Self Defense & Law	11 Oct 2005	
Single Parenting	First 444	
Single Parenting	Family of 4 MM, Best Selection, 3.34GB, 3246 01010 011, 810	
Asian Books	Programs for Personal Development, Education, Finance, Personal & Family, Business, Languages	

Detailed Job Descriptions, with Job Functions					
Job Description	Position	Status	Job Data		
			Job Month	Job Days Worked	Hour Potential
1. Administrative					
1.1. Administrative A1	Administrative Support	Full		0	
1.2. Administrative A2	Administrative Support	Part		0	
2. Customer					
2.1. Customer C1	Customer Support	Full		0	
2.2. Customer C2	Customer Support	Part		0	
3. Production					
3.1. Production P1	Production Worker	Full	2144 hours	100	
3.2. Production P2	Production Worker	Part	1024 hours	50	
4. Quality					
4.1. Quality Q1	Quality Control	Full	1024 hours	50	
4.2. Quality Q2	Quality Control	Part	512 hours	25	
5. Material Handling (Y1)	Material Handler	Full	1024 hours	50	
6. Inventory					
6.1. Inventory I1	Inventory Control	Full	1024 hours	50	
6.2. Inventory I2	Inventory Control	Part	512 hours	25	
7. Storage					
7.1. Storage S1	Storage Worker	Full	1024 hours	50	
7.2. Storage S2	Storage Worker	Part	512 hours	25	
8. Delivery					
8.1. Delivery D1	Delivery Driver	Full	1024 hours	50	
8.2. Delivery D2	Delivery Driver	Part	512 hours	25	
9. Customer Support (Y2)	Customer Support	Full	1024 hours	50	
10. Customer Support (P1)	Customer Support	Part	512 hours	25	
11. Customer Support (P2)	Customer Support	Part	512 hours	25	
12. Inventory Control	Inventory Control	Full	1024 hours	50	
13. Inventory Control	Inventory Control	Part	512 hours	25	
14. Storage Worker	Storage Worker	Full	1024 hours	50	
15. Storage Worker	Storage Worker	Part	512 hours	25	
16. Delivery Driver	Delivery Driver	Full	1024 hours	50	
17. Delivery Driver	Delivery Driver	Part	512 hours	25	
18. Quality Control	Quality Control	Full	1024 hours	50	
19. Quality Control	Quality Control	Part	512 hours	25	
20. Inventory Control	Inventory Control	Full	1024 hours	50	
21. Inventory Control	Inventory Control	Part	512 hours	25	

第十一章 项目管理与控制 101

Software
Customer
Professional
Clear Positions Encouraged
Pain

PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
EPT LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH

Dinas Kesehatan Kabupaten Solok | Jl. Dr. Soeharto No. 10 | Telp. (0362) 411100 | Fax. (0362) 411101

Email: dkd.solo@gmail.com | www.dkd.solo.go.id

No. Agenda

AWITWALABUDIANTY-0025

Kode: 00

Percak

Email: dkd.solo@gmail.com

No. Draf:

Hasil

All Trans

No. Draf:

Teknologi

Res. Test Pengujian 1 - 00138

No. Draf:

Alat

All Trans Transl. Cipad

No. Draf:

Analisa

11 Mei 2023

No. Draf:

Tgl. Penyelesaian

11 Mei 2023

No. Draf:

Uraian

Hasil: 00

No. Draf:

Uraian

Hasil: 2.00, Res. Analisis: A 00138, Pkt. Dikirim: 00, Pkt. Penerima: 00

No. Draf:

Uraian

Peraturan Daerah Kabupaten Solok Raya Nomor 2 Tahun 2011 Tentang Peraturan

No. Draf:

Uraian

Peraturan Daerah Kabupaten Solok Raya Nomor 2 Tahun 2011 Tentang Peraturan

No. Draf:

Uraian

Surat Edaran Dikirim: 00

No. Draf:



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK
DPT LABORATORIUM KESIHATAN DAERAH

John Kuhn (left), Vicki (right), and Mark (right) from the Kuhn Family. Vicki (right) is the mother of Mark (right) and Vicki (left). Vicki (left) is the mother of John (left) and Vicki (right).

Digitized by srujanika@gmail.com

W. Apreski	WILHELM APRESKI/AV/2022	Spain 19
Perel	David Perel/Aviation/Av/2022	Spain 19
Isaac Samped	Ad. Isaac Samped/Av/2022	18
Tom. Samped	Adm. Tom. Samped/Av/2022	18
Alonso	Adm. Alonso/Av/2022	Spain 19
Antonopoulos		
Tom. Samped	19 Sept 2022	
Tel. Systems & Lab.	19 Sept 2022	
Argos Rayping	David Argos	
Argos Prostech	Argos Prostech	
Avionics SA	Argos Prostech, Avionics SA, 2022	

Row	Parameter	Value	Unit Values		Next Parameter	Unit
			Old Value	Adjusted Value		
1-1	Temperature	25.0	25.0	25.0	—	—
1-2	Humidity	50.0	50.0	50.0	—	—
1-3	Light Intensity	100.0	100.0	100.0	—	—
1-4	CO2 Level	400.0	400.0	400.0	—	—
1-5	Water Level	50.0	50.0	50.0	—	—

第10章 从线性代数到



Yukon
Territory
Government
Statistical Bureau
1900

LAMPIRAN 2

Rumus Rata-rata Penurunan Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali

1. Ketebalan 20 cm

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar Fe} &= \frac{\text{pengulangan 1} + \text{pengulangan 2} + \text{pengulangan 3}}{3} \\ &= \frac{(0,61 + 0,59 + 0,68)}{3} = 0,627 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penurunan kadar Fe} &= \text{Konsentrasi awal} - \text{Rata-rata kadar Fe} \\ &= 1,53 - 0,627 \\ &= 0,903 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

2. Ketebalan 40 cm

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar Fe} &= \frac{\text{pengulangan 1} + \text{pengulangan 2} + \text{pengulangan 3}}{3} \\ &= \frac{(0,46 + 0,45 + 0,62)}{3} = 0,51 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penurunan kadar Fe} &= \text{Konsentrasi awal} - \text{Rata-rata kadar Fe} \\ &= 1,53 - 0,51 \\ &= 1,02 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

3. Ketebalan 60 cm

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata kadar Fe} &= \frac{\text{pengulangan 1} + \text{pengulangan 2} + \text{pengulangan 3}}{3} \\ &= \frac{(0,55 + 0,52 + 0,67)}{3} = 0,58 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Penurunan kadar Fe = Konsentrasi awal – Rata-rata kadar Fe

$$= 1,53 - 0,58$$

$$= 0,95 \text{ mg/L}$$

LAMPIRAN 3

Rumus Persentase Penurunan Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali

1. Ketebalan 20 cm

$$\begin{aligned}\% \text{ penurunan} &= \frac{\text{Rata-rata penurunan}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,903}{1,53} \times 100 \% \\ &= 59,02 \%\end{aligned}$$

2. Ketebalan 40 cm

$$\begin{aligned}\% \text{ penurunan} &= \frac{\text{Rata-rata penurunan}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{1,02}{1,53} \times 100 \% \\ &= 66,67 \%\end{aligned}$$

3. Ketebalan 60 cm

$$\begin{aligned}\% \text{ penurunan} &= \frac{\text{Rata-rata penurunan}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,95}{1,53} \times 100 \% \\ &= 62,09 \%\end{aligned}$$

LAMPIRAN 4

Surat Izin Pemeriksaan Sampel Hasil Penelitian dari Kemenkes Poltekkes Padang

 Kemenkes Poltekkes Padang	Kementerian Kesehatan Direktorat Jendral Sumber Daya Manusia Kesehatan Pertambahan Konsentrasi Partikel ■ Jalan Sisingaan Padang, Kec. Muara Bungo, Sumatera Selatan 27111 ■ 061 111 0000 ■ www.kemkes.go.id				
Nomor : PP.00.01/F.30000/0747/2025					
Lama : -					
Perihal : Pemeriksaan Sampel Hasil Penelitian					
Kepada Yth. Kepala DPMPTSP Naker Kabupaten Solok Jl. Raya Padang-Solok KM 7 Koto Baru Kab. Solok					
<p>Bersesuaian dengan Surat Keterangan Jurasen Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang, Mahasiswa Tingkat Akhir Program Studi D3 Sertifikasi Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang diajukan untuk membuat suatu penelitian berupa Tugas Akhir dengan judul "Kemampuan Karbon Akhir Cangkrang Seutuh Dalam Peranaman Kodar Besi (Fe) Pada Air Sungai Oali".</p> <p>Bersubjungen dengan hal tersebut kami mohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin pemeriksaan sampel air pada hasil penelitian Mahasiswa kami.</p>					
<table border="0"><tr><td>Nama : Nural 'Airi</td><td>No. NIP : 2221110108</td></tr><tr><td>NIK : Program Studi : D3 Sertifikasi Jurusan Kesehatan Lingkungan</td><td></td></tr></table>		Nama : Nural 'Airi	No. NIP : 2221110108	NIK : Program Studi : D3 Sertifikasi Jurusan Kesehatan Lingkungan	
Nama : Nural 'Airi	No. NIP : 2221110108				
NIK : Program Studi : D3 Sertifikasi Jurusan Kesehatan Lingkungan					
Dandikanlah kami sampai saat ini atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami sejauh terima kasih.					
Direktur Kemenkes Poltekkes Padang.					
					
RENDAYATI, S.Kp, M.Kep, Sp.JW					
Timbunan: 1. Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten Solok 2. Kepala UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Solok 3. Anap					
<p>Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Jl. Jenderal Sudirman No. 10, Jakarta Pusat 10220, Telp. (021) 52940000, Fax. (021) 52940001 Kodepos 10220, E-mail: kemkes@kemkes.go.id, www.kemkes.go.id</p> <p>Hasil penelitian akhir ini dapat diakses melalui situs www.kemkes.go.id atau melalui aplikasi www.kemkes.go.id di smartphone dan tablet.</p> <p>BLU</p>					

LAMPIRAN 5

Surat Izin Pemeriksaan Sampel Hasil Penelitian dari DPMPTSPNAKER Kabupaten Solok



PEMERINTAH KABUPATEN SOLOK DINAS PENANAMAN MODAL PELAYANAN TERPADU SATU PINTU DAN TENAGA KERJA

Jl. Raya Solok-Padang KM. 27 Koto Baru, Solok, Provinsi Sumatera Barat Kode Pos 22361
Telepon/Fax (0752) 31447 Laman dpmptspnaker.solokkab.go.id Email dpmptspnaker@solokkab.go.id

Kota Baru, 02 Juni 2025

Nomor : 000.9/1MS/P/DPMPTSPNAKER/V/2025

Sifat : Penting

Lampiran :

Perihal : Izin Penelitian

Yth,

1. Kepala Labkesda Kabupaten Solok

di

Tempat

Berdasarkan Surat dari Direktur Kementerian Poldikes Padang Nomor : PP.03.01.F.XXXIX/2747/2025 Tanggal 23 Mei 2025 bersama ini kami terbitkan Izin Penelitian sebagai berikut :

Nama	: NURUL 'AINI
Tempat / Tgl. Lahir	: Cipeuk / 10 Oktober 2003
Alamat	: Jorong Sawah Tatuak, Nagari Cipeuk, Kecamatan Gunung Telang, Kabupaten Solok
Nomor HP	: 082287950338
Judul Penelitian	: "Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali"
Lokasi Penelitian	: Labkesda Kabupaten Solok
Waktu Penelitian	: 02 Juni s/d 02 September 2025

Dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Penelitian tidak boleh menyimpang dari makaud sebagaimana tersebut di atas.
2. Memberitahukan kedatangan serta makaud Penelitian dilaksanakan dengan menunjukkan surat keterangan yang berhubungan dengan ini, kepada Pimpinan Instansi setelah tiba di tempat yang dituju dan melaporkan diri sebelum meninggalkan daerah Penelitian kepada Pimpinan Instansi dan Bupati Solok.
3. Mematuhi semua peraturan yang berlaku termasuk norma, adat dan budaya setempat.
4. Mengirim hasil Penelitian sebanyak 1 (satu) eksemplar kepada Bupati Solok Cq. Dinas Penanaman Modal, PTSP dan Tenaga Kerja.
5. Bila terjadi suatu pernyimpangan / pelanggaran terhadap ketentuan tersebut di atas, maka Izin Penelitian ini akan dicabut kembali.

Dankurah Izin Penelitian diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.



Tembusan :

1. Bupati Solok di Arcuaku
2. Kepala Dinas Kesehatan (DINKES) di Arcuaku
3. Kepala Badan Konseling Pol. Kab. Solok di Arcuaku
4. Direktur Kementerian Poldikes Padang di Tempat

Catatan :

1. UU Nomor 11 Tahun 2008 Pasal 6 Ayat 1 : "Kuransi Elektronik berlaku diseluruh daerah sejauh mungkin dan tidak dikenakan pajak"
2. Dokumen ini bukan berfungsi sebagai bukti Menggunakan Swasthani Elektronik yang disebutkan diatas
3. Bisa di cek di situs Kepolisian Nasional RI



LAMPIRAN 6

Dokumentasi



Air sumur gali yang mengandung kadar besi (Fe)



Pengambilan sampel air sumur gali



Alat dan bahan pada pipa penyaringan



Pembuatan alat penyaringan air



Membersihkan media karbon aktif cangkang sawit



Hasil media karbon aktif yang telah dibersihkan



Media karbon aktif dimasukkan ke dalam masing-masing pipa yang telah dimodifikasi, dengan ketebalan 20, 40 dan 60 cm yang diukur dengan meteran



Memasukkan air yang mengandung kadar Fe sebanyak 5 liter



Air dialirkan selama 30 menit dan ditampung menggunakan ember



Pengambilan sampel air dengan botol sampel



Sampel air siap di uji dilaboratorium

LAMPIRAN 7

Lembar Konsultasi



KEMENTERIAN KESEHATAN POLTEKKES PADANG
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
JL. SIMPANG PONDOK KOPI NANGGAO-PADANG

LEMBAR

KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Nurul 'Aini
NIM : 221110108
Program Studi : D3 Sanitasi
Pembimbing I : Saci Arlinda, SKM, MKM
Judul Tugas Akhir : Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam
Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali

Bimbingan ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Tanda Tangan Pemimpin
I	Senin / 16-06-2015	Konsultasi hasil pada Bab IV	R
II	Selasa / 17-06-2015	Konsultasi hasil pd bab IV dan perbaikannya	R
III	Rabu / 18-06-2015	Konsultasi pembahasan pd bab IV	R
IV	Jumat / 20-06-2015	Konsultasi pembahasan dan perbaikannya	R
V	Selasa / 24-06-2015	Konsultasi Kesiapan pada bab V	R
VI	Rabu / 25-06-2015	Konsultasi kesiapan dan perbaikannya	R
VII	Kamis / 26-06-2015	Konsultasi BAB V	R
VIII	Senin / 30-06-2015	ACC	R

Padang, July 2015
Ketua Prodi Diploma 3 Sanitasi

Lindawati, SKM, M.Kes
NIP.19750613 200012 2 002



KEMENTERIAN KESEHATAN POLTEKKES PADANG
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
JL. SIMPANG PONDOK KOPI NANGGAO-PADANG

LEMBAR

KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Nurul 'Aini
NIM : 221110108
Program Studi : DJ Sanitasi
Pembimbing II : Muhibbin, MT
Judul Tugas Akhir : Kemampuan Karbon Aktif Cangkang Sawit Dalam
Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Semur Gali

Bimbingan ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
I	Senin / 16-06-2015	Konsultasi hasil pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
II	Senin / 19-06-2015	Konsultasi hasil pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
III	Senin / 20-06-2015	Konsultasi pembahasan pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
IV	Senin / 23-06-2015	Konsultasi pembahasan pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
V	Senin / 23-06-2015	Konsultasi Penulisan pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
VI	Rabu / 24-06-2015	Konsultasi Kesiapan pada BAB IV	<i>Muhibbin</i>
VII	Kamis / 25-06-2015	Konsultasi keriputulan dan Saran pada BAB V	<i>Muhibbin</i>
VIII	Senin / 10-06-2015	ACC	<i>Muhibbin</i>

Padang, Jum'at, 2025
Ketua Prodi Diploma 3 Sanitasi

Lindawati, SKM, M.Kes
NIP.19750613 200012 2 002

12%
SIMILARITY INDEX

8%
INTERNET SOURCES

4%
PUBLICATIONS

9%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- | | | |
|-----------|--|---------------|
| 1 | Submitted to Politeknik Kesehatan Kemenkes Padang
Student Paper | 2% |
| 2 | Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan
Student Paper | 1% |
| 3 | repository.poltekkeskupang.ac.id
Internet Source | 1% |
| 4 | Submitted to Poltekkes Kemenkes Pontianak
Student Paper | 1% |
| 5 | Submitted to Universitas Muhammadiyah Palembang
Student Paper | 1% |
| 6 | Submitted to unimal
Student Paper | 1% |
| 7 | eprints.poltekkesjogja.ac.id
Internet Source | 1% |
| 8 | repository.poltekkes-tjk.ac.id
Internet Source | <1% |
| 9 | jurnal.poliupg.ac.id
Internet Source | <1% |
| 10 | repositoryperpustakaanpoltekkespadang.site
Internet Source | <1% |