

**PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK  
BUMI TERHADAP AIR TANAH STUDI KASUS PT.  
PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG**

**TUGAS AKHIR**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI  
JAMBI  
2025**

**PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK  
BUMI TERHADAP AIR TANAH STUDI KASUS PT.  
PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**YAHYA ERWIN RIO SAPUTRA**

**1900825201039**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI  
JAMBI  
2025**

**PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK  
BUMI TERHADAP AIR TANAH STUDI KASUS PT.  
PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**YAHYA ERWIN RIO SAPUTRA**

**1900825201039**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI  
JAMBI**

**2025**

## HALAMAN PERSETUJUAN

# PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK BUMI TERHADAP AIR TANAH STUDI KASUS PT. PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**YAHYA ERWIN RIO SAPUTRA**  
**1900825201039**

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Juni 2025

Pembimbing I



**Ir. Siti Umi Kalsum, ST, M. Eng.**  
**NIDN. 1027067401**

Pembimbing II



**Ir. Marhadi, ST, M.Si.**  
**NIDN. 1008038002**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK BUMI TERHADAP AIR TANAH STUDI KASUS PT. PERTAMINA HULU ENERGI (PHE)

#### JAMBI MERANG

Tugas Akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : Yahya Erwin Rio Saputra  
NPM : 1900825201039  
Hari/Tanggal : Sabtu/22 Februari 2025  
Jam : 13.30 WIB s/d selesai  
Tempat : Ruang FT. 09 Fakultas Teknik

#### TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Peppy Herawati, ST, MT	(.....)
2. Sekretaris	: Ir. Marhadi, ST, M.Si	(.....)
3. Penguji I	: Asih Suzana, ST, MT	(.....)
4. Penguji II	: Hadrah, ST, MT	(.....)
5. Penguji III	: Ir. Siti Umi Kalsum, ST, M. Eng	(.....)

#### DISAHKAN OLEH

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

Teknik Lingkungan

  
Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME  
NIDN. 1015128501

  
Ir. Marhadi, ST, M.Si  
NIDN. 1008038002

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :



Nama : Yahya Erwin Rio Saputra

NPM : 1900825201039

Judul : Pengaruh Aktivitas Pengeboran Minyak

Bumi Terhadap Air Tanah Studi Kasus PT.

Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi

Merang

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, Juni 2025



Yahya Erwin Rio Saputra

## ABSTRAK

### PENGARUH AKTIVITAS PENGEBORAN MINYAK BUMI TERHADAP AIR TANAH (STUDI KASUS : PT. PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG)

Yahya Erwin Rio Saputra; Dibimbing oleh Ir. Siti Umi Kalsum, ST. M.Eng.; Ir. Marhadi, ST., M.Si.,

xvii + 65 halaman, 8 tabel, 8 gambar, 13 lampiran

#### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kualitas air tanah dangkal di sekitar aktivitas dan operasi pengeboran minyak bumi oleh PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang, dengan fokus pada kandungan logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Untuk memahami distribusi spasial logam berat tersebut, digunakan metode interpolasi spasial IDW (Inverse Distance Weighting) dan Kriging dalam perangkat lunak ArcGIS 10.8. Delapan titik pengambilan sampel mencakup area yang berjarak 71,4 meter hingga 9 km dari lokasi pengeboran. Berdasarkan hasil temuan serta uji laboratorium menunjukkan bahwa kadar Fe tertinggi ditemukan pada titik A1 sebesar 0,1094 mg/L dan Mn sebesar 0,0846 mg/L. Kedua parameter tersebut masih berada di bawah batas maksimum menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023, yaitu 0,2 mg/L untuk Fe dan 0,1 mg/L untuk Mn. Model sebaran logam berat menggunakan interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW) dan Kriging menunjukkan konsentrasi Fe lebih tinggi di area dekat pengeboran. Validasi model dengan Root Mean Square Error (RMSE) menghasilkan nilai 1,502 untuk Kriging dan 1,606 untuk IDW, menunjukkan bahwa Kriging lebih akurat dalam memetakan sebaran Fe. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun tidak melampaui ambang batas, aktivitas pengeboran tetap memengaruhi peningkatan konsentrasi logam di area sekitar, terutama pada radius <2 km dari lokasi industri.

*Kata Kunci: Air Tanah Dangkal, Besi (Fe), Mangan (Mn), IDW, Kriging, Pencemaran Minyak Bumi, RMSE.*

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF OIL DRILLING ACTIVITIES ON GROUND WATER (CASE STUDY : PT. PERTAMINA HULU ENERGI (PHE) JAMBI MERANG)

Yahya Erwin Rio Saputra; Supervised by Ir. Siti Umi Kalsum, ST. M.Eng.; Ir. Marhadi, ST., M.Si.,

xvii + 65 pages, 8 tables, 8 figures, 13 appendices

#### ABSTRACT

This study was conducted with the aim of evaluating the quality of shallow groundwater around the activities and operations of oil drilling by PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang, with a focus on the content of iron (Fe) and manganese (Mn) metals. To understand the spatial distribution of these heavy metals, the IDW (Inverse Distance Weighting) and kriging spatial interpolation methods were used in ArcGIS 10.8 software. Eight sampling point covered an area ranging from 71.4 meters to 9 km from the drilling location. Based on the findings and laboratory tests, the highest Fe levels were found at point A1 at 0.1094 mg/L and Mn at 0.0846 mg/L. Both parameters are still below the maximum limit according to Permenkes No. 2 of 2023, which is 0.2 mg/L for Fe and 0.1 mg/L for Mn. The heavy metal distribution model using Inverse Distance Weighting (IDW) and kriging interpolation showed higher Fe concentrations in areas near drilling. Model validation with Root Mean Square Error (RMSE) produced a value of 1.502 for Kriging and 1.606 for IDW, indicating that Kriging is more accurate in mapping the distribution of Fe. This finding indicates that although it does not exceed the threshold, drilling activities still affect the increase in metal concentrations in the surrounding area, especially with in a radius of <2 km from the industrial site.

*Keywords : Shallow Groundwater, iron (Fe), Manganese (Mn), IDW, Kriging, Petroleum Pollution, RMSE*

## PRAKATA

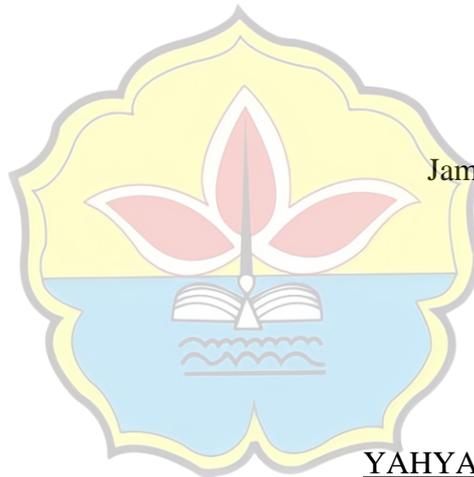
Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Aktivitas Pengeboran Minyak Bumi Terhadap Air Tanah Studi Kasus PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan pada jenjang Strata-1 di Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan beribu-ribu terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, M.E. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari;
2. Ir. Marhadi, S.T., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari dan selaku Pembimbing II atas arahan dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir;
3. Peppy Herawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari;
4. Ir. Siti Umi Kalsum, S.T., M.Eng selaku Pembimbing I terbaik dengan segala ketulusannya berkenan memberikan tambahan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir ini;
5. Bapak / Ibu dosen, karyawan dan staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Batanghari;

6. Kedua orang tua, ayahanda tercinta Yuwono Ratno Wibowo dan Ibunda tersayang Sunarmi yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis;
7. Segenap keluarga dan teman-teman yang telah menyemangati dan membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari penulisan Tugas Akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Amin.



Jambi, Februari 2025

Penulis

YAHYA ERWIN RIO SAPUTRA  
1900825201039

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yahya Erwin Rio Saputra

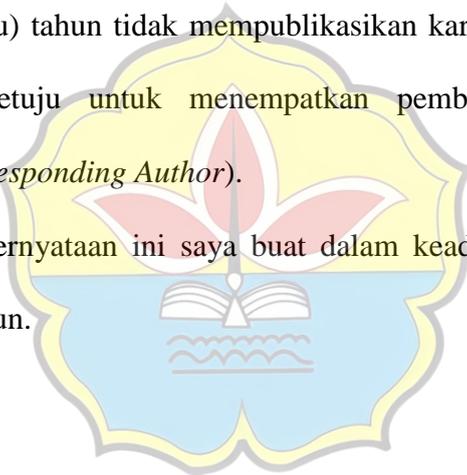
NIM : 1900825201039

Judul : Pengaruh Aktivitas Pengeboran Minyak Bumi Terhadap Air Tanah

(Studi Kasus : PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang)

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik. Apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya, dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Jambi, Juni 2025

Penulis

YAHYA ERWIN RIO SAPUTRA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Pengeboran Minyak Bumi.....	8
2.1.1 Proses Eksplorasi dan Produksi Minyak Bumi.....	10
2.1.2 Proses Pengeboran Minyak Bumi.....	10
2.2 Air Tanah.....	14
2.2.1 Air Tanah Dangkal.....	16
2.2.2 Air Tanah Dalam.....	17
2.3 Air Bersih.....	17
2.4 Kebutuhan Air Bersih.....	19
2.4.1 Ditinjau Dari Segi Kuantitas.....	20
2.4.2 Ditinjau Dari Segi Kualitas.....	20
2.5 Syarat-Syarat Air Bersih.....	20
2.6 Pergerakan Air Tanah.....	22

2.7	Pencemaran Air Tanah.....	23
2.7.1	Parameter Besi.....	25
2.7.2	Parameter Mangan.....	26
2.8	Software Pemodelan .....	26
2.8.1	<i>Software</i> Arcgis.....	26
2.9	Interpolasi .....	29
2.9.1	Inverse Distance Weighted .....	29
2.9.2	Kriging.....	30
2.9.3	Penelitian Terdahulu.....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>35</b>
3.1	Metode Penelitian.....	35
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	35
3.2.1	Waktu Penelitian.....	35
3.2.2	Lokasi Penelitian .....	35
3.3	Data Penelitian.....	38
3.3.1	Data Primer.....	38
3.3.2	Data Sekunder .....	38
3.4	Alur Penelitian.....	39
3.5	Bahan dan Alat .....	40
3.5.1	Bahan.....	40
3.5.2	Alat .....	40
3.6	Proses Pengambilan Sampel .....	40
3.7	Analisis dan Pembahasan .....	41
3.7.1	Pengujian Air Sumur Gali .....	41
3.7.2	Analisa Data .....	41
3.7.3	Interpolasi IDW .....	41
3.7.4	Interpolasi Kriging.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>50</b>
4.1.	Hasil Uji Awal Air Sumur Gali .....	50
4.2.	Analisis Kandungan Besi (fe) dan Mangan (Mn).....	52
4.3.	Persebaran Besi (Fe) Daerah Sekitar Pengeboran Minyak .....	54
4.3.1	Persebaran Besi (Fe) Berdasarkan Data Awal.....	55
4.3.2	Persebaran Besi (Fe) Berdasarkan Hasil Uji .....	57
4.3.3	<i>Cross Validation</i> .....	59

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Program ArcGis .....	27
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian .....	36
Gambar 3. 2 Jenis Tanah Lokasi Penelitian.....	37
Gambar 3. 3 Diagram Alir.....	39
Gambar 4. 1 Model Sebaran Besi (Fe) Dengan Data Awal Metode <i>IDW</i> dan Ordinary <i>Kriging</i> .....	56
Gambar 4. 2 Model Sebaran Besi (Fe) Dengan Data Awal Metode <i>IDW</i> dan Ordinary <i>Kriging</i> .....	58
Gambar 4. 3 Cross Validation Compare Kriging dan IDW Pada Sumur Warga..	59
Gambar 4.4 Cross Validation Compare Kriging dan IDW Pada PT. Pertamina....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Parameter Air Untuk Keperluan Higiene Dan Sanitasi .....	18
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu .....	32
Tabel 4. 1 Karakteristik Sumur Warga .....	50
Tabel 4. 2 Data Awal Kualitas Air Sumur .....	51
Tabel 4. 3 Hasil Uji Pemantauan Kandungan Besi dan Mangan.....	52
Tabel 4. 4 Nilai Prediksi Sebaran Besi (Fe) Berdasarkan Data Awal.....	55
Tabel 4. 5 Nilai prediksi Sebaran Besi (Fe) Berdasarkan Data Hasil Uji.....	57
Tabel 4. 6 Nilai RMSE Model Kriging dan IDW.....	60



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Laporan Hasil Uji (LHU) PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang
- Lampiran 2 Hasil Laboratorium
- Lampiran 3 SK Tugas Akhir
- Lampiran 4 Lampiran SK Tugas Akhir
- Lampiran 5 Gambar Titik Sumur
- Lampiran 6 Gambar Air Sampel Uji
- Lampiran 7 Lembar Asistensi



## DAFTAR ISTILAH

1. PHE : Pertamina Hulu Energi
2. IDW : *Inverse Distance weighted*
3. Fe : Parameter Besi
4. Fe<sup>3+</sup> : Konsentrasi Besi Bentuk Mineral Tidak Terlarut
5. Fe<sup>2+</sup> : Besi Yang Terlarut Dalam Bentuk Ion Bervalensi Dua
6. Mn : Parameter Mangan
7. pH : *Potential of Hydrogen*
8. E Coli : *Escherichia Coli*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Aktivitas pengeboran minyak bumi merupakan salah satu kegiatan industri yang berpotensi menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan, khususnya terhadap kualitas air tanah. Proses pengeboran dan produksi minyak seringkali menghasilkan limbah cair, seperti air terproduksi dan lumpur pemboran, yang mengandung berbagai bahan kimia dan kontaminan berbahaya. Jika pengelolaan limbah ini tidak dilakukan dengan baik, kontaminan tersebut dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari sumber air tanah yang digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kebutuhan sehari-hari. Beberapa penelitian telah menunjukkan adanya penurunan kualitas air tanah di sekitar area pengeboran minyak akibat aktivitas tersebut.

Misalnya, studi oleh Subariswanti (2020) mengindikasikan bahwa aktivitas pengeboran minyak dapat menurunkan kualitas air tanah karena pencemaran yang terjadi mengenai lingkungan hidup. Selain itu, penelitian oleh Muryani (2012) menunjukkan bahwa sumur yang terletak dalam radius tertentu dari sumber pencemar berpotensi mengalami penurunan kualitas air tanah akibat kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar minyak. Oleh karena itu, penting untuk memahami sejauh mana aktivitas pengeboran minyak bumi mempengaruhi kualitas air tanah dan mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi yang efektif untuk mencegah atau meminimalkan dampak negatif tersebut.

Dari hasil eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi tersebut cenderung melibatkan risiko besar bagi lingkungan atau dengan kata lain berpotensi besar menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Material sisa yang dihasilkan dalam setiap prosesnya, baik berbentuk padat, cair maupun gas, tentu dapat mencemari unsur-unsur disekitarnya, seperti tanah, air. Pencemaran minyak bumi dapat menimbulkan masalah cukup serius terhadap ekosistem pantai, sungai, darat dan lingkungan dekat eksplorasi minyak. Hal ini disebabkan karena minyak bumi mengandung salah satu kontaminan yang sulit diurai yaitu senyawa hidrokarbon (Karwati, 2009).

Ketika senyawa tersebut mencemari permukaan tanah, maka zat tersebut dapat menguap, tersapu air hujan, atau masuk kedalam tanah kemudian terendap menjadi zat beracun yang menyebabkan keracunan pada mahluk hidup, mengganggu penyerapan cahaya untuk fotosintesis tumbuhan air dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem sekitar (Jusfan, 2000). Menurut Alexander dalam Karwati yang menyatakan bahwa keberadaan kontaminan yang sukar diuraikan dan bersifat toksik pada tanah akan mengganggu pertumbuhan tanaman dan organisme.

Menurut Ameilia (2018) air tanah berada dilapisan kedap air pertama yang disebut air tanah dangkal yang letaknya tidak dalam dari permukaan tanah. Air tanah yang terjadi karena ada daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Keberadaan air tanah dangkal (air sumur) tidak serta menjamin kualitas air tersebut tinggi, hal ini dikarenakan air tanah yang digunakan masyarakat yaitu air tanah dangkal yang biasanya mudah terkontaminasi melalui aktivitas di sekitarnya.

Di dalam siklus hidrologi maka air tanah secara alami mengalir oleh karena adanya perbedaan tekanan dan letak ketinggian lapisan tanah. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Oleh karena itu apabila letak sumur gali berada di bagian bawah dari letak sumber pencemaran maka bahan pencemar bersama aliran air tanah akan mengalir untuk kemudian mencapai sumur gali. Penentuan lokasi pembuatan sumur yang jauh dari sumber pencemar merupakan usaha untuk mencegah dan mengurangi risiko terhadap pencemaran.

Bedasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Kualitas air dapat dilihat dari karakteristik fisik, kimia dan biologisnya. Kualitas air sumur gali yang memenuhi syarat secara fisik yaitu tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Pada kualitas kimia air ada beberapa parameter yang harus dipenuhi diantaranya Besi dan Mangan.

Salah satu penelitian terdahulu menyatakan bahwa minyak bumi dapat mencemari tanah hingga mencapai air tanah atau sumber air yang menyediakan bagi kebutuhan domestik. Selain itu, pencemaran air tanah dapat menyebabkan masalah serius terhadap daerah yang masih menggunakan air tanah sebagai sumber utama. Sumber utama yang dimaksud yaitu kebutuhan air bersih atau untuk mandi, mencuci, memasak, menyiram tanaman dan lain-lain (Harnani, 2019).

Hal ini sejalan pada penelitian subariswanti (2021) tentang persebaran kandungan besi pada air sumur di desa wonocolo dengan parameter besi dan

mangan dengan hasil masih memenuhi baku mutu yang di tentukan berupa besi (0,25), mangan (0,072) dan seng (0,5).

Kondisi eksisting pada lokasi penelitian memiliki jenis tanah liat dengan beberapa titik berlokasi di tanah gambut, air pada sumur gali memiliki warna keruh kecoklatan, berdasarkan hasil uji rutin dari pihak Pertamina Hulu Energi Jambi Merang memiliki kandungan besi (4-5 mg/L) sedangkan untuk mangan (1,74 mg/L) dengan konstruksi sumur menggunakan beton.

Dalam konteks ini, pemetaan dan distribusi keberadaan logam berat pada air tanah di sekitar pengeboran minyak bumi menjadi penting untuk mengetahui sejauh mana tingkat pencemaran yang terjadi, serta dampaknya terhadap kualitas air. Salah satu metode yang efektif untuk melakukan analisis sebaran logam berat adalah Interpolasi Data Dengan Metode Inverse Distance Weighting (IDW). Metode IDW merupakan salah satu teknik geostatistik yang digunakan untuk memprediksi nilai pada titik yang tidak teramati berdasarkan nilai-nilai pada titik yang teramati, dengan memberikan bobot lebih pada titik yang lebih dekat. Metode ini cocok untuk menggambarkan distribusi spasial logam berat yang tidak merata di sekitar aktivitas pengeboran.

Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti bertujuan untuk mengetahui analisis kualitas air tanah dangkal yang berada pada sekitar pertambanagn PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kualitas air tanah dangkal dengan parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn)
2. Bagaimana pengaruh jarak kegiatan pengeboran minyak bumi terhadap air tanah di sekitar permukiman.
3. Bagaimana model sebaran kualitas air tanah akibat pengeboran minyak bumi

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kualitas air tanah dangkal dengan parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn).
2. Menganalisis pengaruh variasi jarak kegiatan pengeboran minyak bumi terhadap air tanah di sekitar permukiman.
3. Memodelkan sebaran kualitas air tanah akibat pengeboran minyak bumi menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weight* (IDW) dan *Kriging*.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian ini berada di sekitar aktivitas pertambangan PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang.

2. Air sumur sebanyak 8 titik, pengambilan 1 sampel di ambil di sumur pantau perusahaan. 3 sampel berkisaran 2 km di sekitar area pengeboran minyak dan 4 sampel di ambil di sekitar permukiman warga dengan radius 9 km.
3. Parameter yang di uji adalah Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Mengacu pada Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah terkait parameter air untuk keperluan higiene dan sanitasi.
4. Pemodelan logam berat besi (fe) menggunakan metode interpolasi IDW dan kriging di Software ArcGis 10.8.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah penulisan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

#### **BAB I Pendahuluan**

Pada BAB I ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini dituliskan semua landasan teori dari topik tugas akhir, Dasar teori yang benar-benar menjadi rujukan teori mendalam, dan lengkap dengan referensinya.

#### **BAB III Metodologi Penelitian**

Uraian metodologi penyelesaian masalah dapat berupa variabel-variabel dalam penelitian, rancangan penelitian Teknik pengumpulan data dan analisis data, cara penafsiran dan penyimpulan hasil penelitian.

#### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Hasil dan pembahasan menguraikan hasil penelitian dan pembahasan sesuai Dengan kondisi nyata. Hasil dan pembahasan dapat disajikan dalam bentuk narasi, tabel, gambar, peta terkait dengan data primer dan data skunder.

#### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang mencakup isi dari keseluruhan skripsi



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengeboran Minyak Bumi**

Proses pengeboran atau *drilling* merupakan suatu proses dalam kegiatan eksplorasi minyak bumi yang bertujuan untuk membuktikan ada atau tidaknya kandungan minyak bumi tersebut di dalam bumi dengan membuat lubang sumur. Proses *drilling* merupakan tahapan lanjut dari proses analisa geologi dan reservoir/simulasi dimana dari serangkaian proses tersebut diindikasikan adanya kandungan minyak yang perlu dibuktikan keberadaannya melalui suatu proses yang disebut *drilling*.

Aktivitas pengeboran minyak bumi, baik yang dilakukan secara legal maupun ilegal, telah lama menjadi perhatian utama dalam studi lingkungan karena potensi dampaknya terhadap kualitas air tanah. Proses pengeboran dan produksi minyak bumi seringkali menghasilkan limbah cair yang mengandung berbagai bahan kimia berbahaya. Jika limbah ini tidak dikelola dengan baik, kontaminan tersebut dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari sumber air tanah yang digunakan oleh masyarakat sekitar.

Studi oleh Subariswanti (2020) di Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Bojonegoro, menunjukkan bahwa aktivitas penambangan sumur tua secara tradisional berpotensi mempengaruhi kualitas air tanah dangkal. Analisis kualitas air tanah dangkal di daerah tersebut mengindikasikan adanya parameter fisik dan kimia yang melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes RI

Nomor 32 Tahun 2017, seperti kekeruhan, Total Dissolved Solids (TDS), pH, besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), dan sulfat ( $\text{SO}_4$ ). Hal ini menunjukkan bahwa limbah minyak yang merembes ke air tanah dangkal dapat mengikuti aliran air tanah dan mencemari sumur gali penduduk di sekitar area penambangan.

Selain itu, penelitian oleh Amelia et al. (2021) di Desa Wonocolo mengidentifikasi bahwa proses penambangan minyak bumi secara tradisional dan tanpa pengamanan yang baik berpotensi menyebabkan tumpahan minyak ke lingkungan sekitar. Pencemaran tersebut mengakibatkan perubahan sifat fisik, biologi, dan kimia tanah, serta meninggalkan jejak racun yang membahayakan lingkungan dan manusia. Kontaminasi minyak bumi pada tanah di kawasan sumur tua minyak bumi Desa Wonocolo terus terjadi seiring dengan aktivitas penambangan oleh masyarakat setempat. Hal ini berdampak pada kesehatan tanah, khususnya parameter sifat-sifat fisik tanah, seperti penurunan porositas dan perubahan tekstur tanah.

Lebih lanjut, laporan oleh Antara News (2021) mengungkapkan bahwa penambangan minyak mentah ilegal di Kabupaten Batanghari telah menyebabkan kerusakan sumber air bersih di kawasan penambangan. Air danau yang sebelumnya jernih berubah menjadi hitam dan berminyak, sementara sumur-sumur milik penduduk mengalami pencemaran yang ditandai dengan air yang berbau, berbuih, dan berwarna kecoklatan. Kondisi ini memaksa masyarakat setempat untuk membeli air bersih guna memenuhi kebutuhan sehari-hari.

### **2.1.1 Proses Eksplorasi dan Produksi Minyak Bumi**

Menurut Pamungkas (2004), secara umum kegiatan industri minyak dan gas bumi dapat dibagi menjadi tiga kegiatan pokok, yaitu:

1. Kegiatan up-stream (hulu), yaitu kegiatan eksplorasi yang melibatkan bidang ilmu geodesi, geofisika dan geologi serta kegiatan produksi yang meliputi pengeboran, sumur produksi dan proses produksi.
2. Kegiatan Down-stream (hilir), yaitu kegiatan proses dan pemasaran yang meliputi pengolahan atau pemurnian, distribusi, penyimpanan dan transportasi.
3. Kegiatan penunjang, yaitu kegiatan yang bersifat menunjang kegiatan utama baik teknis (mesin, listrik, sipil, keselamatan kerja, elektronika, dll) maupun non teknis (personalia, keuangan, administrasi, keamanan, training, dll).

### **2.1.2 Proses Pengeboran Minyak Bumi**

Menurut Anonim (2013), pengeboran minyak bumi didasarkan pada tujuan yang akan dicapai dalam melakukan operasi pengeboran. Berdasarkan tujuannya pengeboran dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Pengeboran eksplorasi, bertujuan untuk membuktikan ada tidaknya suatu cekungan mengandung minyak dan atau gas bumi.
2. Pengeboran delinasi, bertujuan untuk mengetahui penyebaran sumur produksi, mencari batas-batas serta ketebalan sumur produksi.
3. Pengeboran eksploitasi, bertujuan untuk meningkatkan pengurasan terhadap sumur produksi sekaligus meningkatkan produksi.

Samperuru (2007), menyebutkan bahwa dalam proses pengeboran minyak bumi terdapat beberapa tahap untuk menghasilkan minyak bumi secara maksimal, yaitu sebagai berikut:

1. Rig: Rig adalah serangkaian peralatan khusus yang digunakan untuk membor sumur atau mengakses sumur. Ciri utama rig adalah adanya menara yang terbuat dari baja yang digunakan untuk menaikturunkan pipa-pipa tubular sumur. Umumnya rig dikategorikan menjadi dua macam berdasarkan tempat beroperasinya, yaitu:

- a. Rig Darat (Onshore Rig): beroperasi di darat.
- b. Rig Laut (Offshore Rig): beroperasi di atas permukaan laut (laut, sungai, rawa-rawa, danau atau delta sungai).

Dari fungsinya, rig dapat digolongkan menjadi dua macam:

- a. Drilling Rig: rig yang digunakan untuk membor sumur, baik sumur baru, cabang sumur baru maupun memperdalam sumur lama.
  - b. Workover Rig: berfungsi untuk melakukan sesuatu terhadap sumur yang telah ada, seperti perawatan, perbaikan, penutupan, dsb.
2. Logging: logging merupakan teknik pengambilan data dari sumur minyak bumi menggunakan instrumen khusus. Data yang diambil meliputi pengukuran resistivitas dan konduktivitas pada berbagai frekuensi, ukuran sumur, pengambilan sampel fluida, pengukuran tekanan, pengambilan material (coring) dari dinding sumur, dsb. Hasil dari tahapan ini sangat penting dalam pengambilan keputusan baik pada saat pengeboran ataupun

untuk tahap produksi nanti. Logging terbagi menjadi dua berdasarkan fungsinya, yaitu:

- a. *Logging While Drilling* (LWD): adalah pengerjaan logging yang dilakukan bersamaan pada saat pengeboran. LWD berfungsi untuk memberikan informasi mengenai resistivitas, porositas, sonic dan gamma-ray secepat mungkin pada saat pengeboran.
  - b. Mud Logging: adalah pekerjaan mengumpulkan, menganalisis dan merekam semua informasi dari partikel solid, cairan dan gas yang terbawa ke permukaan oleh lumpur pada saat pengeboran. Fungsi utamanya ialah untuk mengetahui berbagai parameter pengeboran dan susunan sumur yang sedang dibor.
3. Drilling: jenis pengeboran (drilling) terbagi menjadi dua, yaitu pengeboran tegak (straight hole drilling/vertical drilling) dan pengeboran berarah (directional/ horizontal drilling). Pengeboran lurus atau pengeboran vertikal dilakukan mulai dari titik lokasi di permukaan, lubang sumur dipertahankan lurus vertikal sampai ke titik target. Pengeboran berarah atau horizontal merupakan pengeboran sumur dimana lubang sumur tidak lurus vertikal, melainkan terarah untuk mencapai target yang diinginkan. Beberapa faktor penyebab dilakukannya pengeboran berarah atau horizontal adalah geografi, geologi dan pertimbangan ekonomi.
4. Perforating: perforasi (perforating) merupakan proses pelubangan dinding sumur (casing dan lapisan semen) sehingga minyak atau gas bumi dapat mengalir ke dalam sumur melalui lubang perforasi. Tahapan ini umumnya

menggunakan Perforating Gun yang berisi beberapa shapedcharges yang diturunkan atau dimasukkan ke dalam sumur sampai kedalaman yang dituju. Kemudian shaped-charges ini akan diledakkan dan menghasilkan semburan fluida cair dan gas dari bahan metal bertekanan tinggi (jutaan psi) dan kecepatan tinggi (7000 m/s) yang mampu menembus casing baja dan lapisan semen. Perforasi dapat dilakukan secara elektrik dengan menggunakan peralatan logging atau juga secara mekanikal melewati tubing (TCP Tubing Conveyed Perforations).

5. Well Testing: well testing merupakan metode untuk mendapatkan berbagai properti dari sumur produksi secara dinamis dan hasilnya lebih akurat dalam jangka panjang. Tujuannya ialah untuk memastikan kondisi sumur produksi dapat mengalir dan berproduksi, mengetahui kandungan hidrokarbon di dalam sumur produksi dan kualitasnya dan memperkirakan jangka waktu sumur produksi dapat berproduksi.
6. Stimulation: stimulasi (stimulation) adalah proses mekanikal dan/atau kimia yang ditujukan untuk menaikkan laju produksi dari suatu sumur. Metode stimulasi dapat dikategorikan tiga macam, yaitu sebagai berikut Wellbore Cleanup, Matrix Stimulation dan Fracturing.
7. Artificial Lift: artificial lift merupakan metode untuk mengangkat hidrokarbon, umumnya minyak bumi dari dalam sumur ke atas permukaan. Artificial lift dilakukan karena tekanan di dalam sumur produksi tidak cukup tinggi untuk mendorong minyak sampai ke atas. Artificial lift terdiri atas lima macam, yaitu:

- a. Subsurface Electrical Pumping.
  - b. Gas Lifting.
  - c. Sucker Rod Pumping.
  - d. Jet Pump.
  - e. Progressive Cavity Pump.
8. Enhanced Oil Recovery (EOR) merupakan teknik lanjutan untuk mengangkat minyak jika berbagai teknik dasar telah dilakukan tetapi hasilnya tidak ekonomis. Ada tiga macam teknik EOR, yaitu:
- a. Teknik Termal: menginjeksikan fluida bertemperatur tinggi ke dalam sumur minyak untuk menurunkan viskositas minyak sehingga mudah mengalir. Dengan menginjeksikan fluida tersebut, diharapkan tekanan sumur produksi akan naik dan minyak akan terdorong ke arah sumur produksi. Teknik ini umumnya menggunakan air panas (water injection) atau uap air (steam injection).
  - b. Teknik Chemical: menginjeksikan bahan kimia berupa surfaktan atau bahan polimer untuk mengubah properti fisika dari minyak ataupun fluida yang dipindahkan.

## 2.2 Air Tanah

Air merupakan sumber daya alam yang terbatas menurut waktu dan tempat. Pengolahan dan pelestariannya merupakan hal yang perlu dilakukan. Air tanah adalah salah satu sumber air yang karena kualitas dan kuantitasnya cukup potensial untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan dasar makhluk hidup. Air tanah merupakan salah satu komponen dalam peredaran air di bumi yang dikenal sebagai

siklus hidrologi. Dengan demikian air tanah adalah salah satu sumber daya alam yang terbatas. Eksploitasi air tanah yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap keseimbangan alam itu sendiri (Wati, 2016).

Sumber air bersih yang dimanfaatkan oleh manusia sebagian besar masih menggunakan air dari sumur tanah berupa gali (air tanah dangkal). Air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan meresap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi tertentu. Zat-zat mineral tersebut, antara lain kalsium, magnesium dan logam berat seperti besi. Akibatnya, apabila kita menggunakan air sadah untuk mencuci, sabun tidak akan berbusa dan akan terbentuk endapan semacam kerak. Air tanah sebagian berasal dari air hujan yang mencapai permukaan bumi dan meyerap kedalam lapisan tanah sehingga mengalami filtrasi secara alamiah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan kesadahan pada air (*hardness of water*). Sifat kesadahan seringkali ditemukan pada air yang menjadi sumber baku air bersih yang berasal dari tanah seperti pada air sumur (Husaini, Yenni, & Wuni, 2020).

Air tanah dangkal maupun dalam merupakan sumber utama persediaan air bersih bagi penduduk yang tinggal didaerah pedesaan maupun di perkotaan Indonesia. Secara teknis dapat dibagi menjadi dua jenis:

### 2.2.1 Air Tanah Dangkal

Pengambilan air tanah yang paling tua dan sederhana adalah dengan membuat sumur gali dengan kedalaman lebih rendah dari posisi permukaan air tanah. Jumlah air yang dapat diambil dari sumur gali biasanya terbatas, dan air yang diambil adalah air tanah dangkal. Untuk pengambilan air yang lebih besar diperlukan luas dan kedalaman galian yang lebih besar. Kedalaman sumur gali tergantung lapisan tanah, ketinggian dari permukaan air laut, dan ada tidaknya air bebas dibawah lapisan tanah. Sumur gali biasanya dibuat dengan kedalaman tidak lebih dari 5-8 meter dibawah permukaan tanah. Cara ini cocok untuk daerah pantai dimana air tawar berada diatas air asin. (Afwani, 2019)

Berdasarkan penelitian Parulian, 2009. jenis tanah dan kedalaman, air bebas sumur gali dapat diperoleh sebagai berikut:

- a. Tanah berpasir : Sumur gali cukup 6 – 8 m telah memperoleh air bebas;
- b. Tanah liat : Kedalaman sumur  $\geq 12$  m baru memperoleh air bebas;
- c. Tanah kapur : Umumnya sumur gali harus  $\geq 40$  m baru diperoleh air;

Keadaan atau sifat air sumur gali antara lain;

- a. Ketinggian air bebas umumnya sekitar 1 – 3 m dari dasar sumur;
- b. Ketinggian air bebas bervariasi, tergantung jumlah air yang diambil dan tergantung musim;
- c. Rasa dan warna air tergantung jenis tanah yang ada, tanah sawah airnya kekuning- kuningan, tanah berpasir airnya jernih dan rasanya sejuk, tanah liat airnya terasa sedikit sepat, tanah kapur airnya terasa sedikit sepat dan

warnanya kehijau-hijauan, dan tanah gambut airnya berwarna kemerah-merahan seperti teh dan rasanya asam;

- d. Mudah tercemar oleh karena kelalaian dalam menutup mulut sumur;
- e. Mengandung algae dalam jumlah sedikit;
- f. Mengandung bakteri cukup banyak.

### 2.2.2 Air Tanah Dalam

Berdasarkan penelitian Khoirunnisa, 2022. Pengambilan air tanah dilakukan dengan membuat sumur dalam (*deep well*) dengan kedalaman sumur bor berdasarkan struktur dan lapisan tanah

- a. Tanah berpasir : biasanya kedalaman 30 – 40 meter sudah memperoleh air. Biasanya airnya naik sampai 5 – 7 meter dari permukaan tanah;
- b. Tanah liat/padas : biasanya kedalaman 40 – 60 meter akan diperoleh air yang baik dan air akan naik mencapai 7 meter dari permukaan tanah;
- c. Tanah berkapur : biasanya sumur dibuat dengan kedalaman di atas 60 meter kemungkinan baru mendapat air dan apabila ada air, airnya sukar/tidak bisa naik ke atas dengan sendirinya;
- d. Tanah berbukit : biasanya sumur dibuat diatas 100 meter atau 200 meter kemungkinan tipis sekali untuk memperoleh air. Air yang diperoleh sukar/tidak bisa naik ke atas dengan sendirinya.

### 2.3 Air Bersih

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.2 tahun 2023 dinyatakan bahwa yang dimaksud dengan air adalah Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk

parameter wajib air minum meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. parameter wajib air minum tersebut digunakan untuk memelihara kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu parameter wajib air minum dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Sedangkan didalam UU No. 17 tahun 2019 tentang sumber daya air mengatakan bahwa yang dimaksud dengan air adalah semua air yang terdapat, diatas ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang berada di darat. Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bantuan dibawah permukaan tanah. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan buatan yang terdapat pada, diatas ataupun dibawah permukaan tanah.

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Parameter Air Untuk Keperluan Higiene Dan Sanitasi**

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode pengujian
	Mikrobiologi			
1	Escherichia coli	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	Total Coliform	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
	Fisik			

3	Suhu	Suhu udara $\pm 3$  < 300	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolve Solid</i>		mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
	Kimia			
8	pH	6.5 – 8.5		SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai $\text{NO}^3$ ) (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai $\text{NO}^2$ ) (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 ( $\text{Cr}^{6+}$ )	0.01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0.2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0.1	mg/L	SNI/APHA

Sumber : Parameter No. 2 Tahun 2023

#### 2.4 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih merupakan suatu kebutuhan yang mendasar bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk keperluan dapat dilihat dari segi kuantitas yang diperlukan masyarakat maupun segi kualitas air yang digunakan

tidak melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan (Putri & Mohammad, 2020).

#### **2.4.1 Ditinjau Dari Segi Kuantitas**

Kebutuhan dasar air bersih adalah jumlah air bersih minimal yang perlu disediakan agar manusia dapat hidup secara layak yaitu dapat memperoleh air yang diperlukan untuk melakukan aktivitas dasar sehari-hari. Kebutuhan air bersih sangat diperlukan oleh masyarakat untuk keperluan sehari-hari seperti mandi, mencuci maupun untuk dikonsumsi seperti minum dan keperluan mengolah makanan (Asmadi, 2011).

#### **2.4.2 Ditinjau Dari Segi Kualitas**

Agar air minum layak digunakan dan tidak menyebabkan gangguan kesehatan, maka air tersebut haruslah memenuhi syarat-syarat kesehatan. Di Indonesia, standar air minum yang berlaku dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan No 2 Tahun 2023 tentang Peraturan pelaksanaan Peraturan pemerintah No 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.

### **2.5 Syarat-Syarat Air Bersih**

Dalam penyediaan air bersih ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi. Persyaratan tersebut yaitu, persyaratan kualitatif, kuantitatif, kontinuitatif, mudah diperoleh, dan harga relatif murah (Pangestika, Wardani & Ulfa, 2018).

#### **A. Persyaratan Kualitatif**

Kualitas air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air bersih yaitu dari parameter fisik, kimia, dan biologi.

#### 1. Persyaratan fisik

Persyaratan air minum atau air bersih secara fisik yaitu harus jernih, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna. Suhu juga termasuk persyaratan yang harus dipenuhi, dimana suhu yang baik untuk air bersih sebaiknya  $+ 25^{\circ}\text{C}$  atau sama dengan suhu udara sekitar, dan apabila terjadi perbedaan batas yang diperbolehkan yaitu  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

#### 2. Persyaratan Kimia

Jika air yang digunakan mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi batas maksimum berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material atau peralatan yang digunakan manusia, selain itu pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 8,5 menyebabkan rasa tidak enak dan beberapa bahan kimia berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan.

#### 3. Persyaratan Biologi

Air sanitasi tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman thypus, kolera, dysentri, dan gastroenteritis. Bakteri *E.Coli* merupakan bakteri patogen indikator dari pencemaran air, terdapat pada air yang tercemar oleh tinja manusia, jumlah kuman yang terdapat dalam 1 cc air minum harus kurang dari 100 kuman dan dalam 100 cc air minum tidak boleh

mengandung bakteri *E.Coli* karena dapat menyebabkan penyakit perut (diare). Bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan yaitu bakteri *Typhsum*, bakteri *Enteritis*, *Vibrio Colerae*, bakteri *Dysentri*, dan *Entamoeba Hystolotica*. Selain itu, air minum atau air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif seperti sinar *alfa*, *beta*, dan *gamma*.

#### B. Persyaratan Kuantitatif

Banyaknya air baku yang tersedia harus dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Debit air bersih yang dialirkan juga harus sesuai kebutuhan konsumen.

#### C. Persyaratan Kontinuitatif

Air baku yang digunakan untuk air bersih dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang tetap, baik pada musim penghujan maupun musim kemarau. Kontinuitas air bersih perlu dilakukan pencatatan debit air pada setiap saat dengan mengontrol atau memeriksa peralatan pencatatan debit sertaperalatan lainnya seperti pompa, saringan, dan pintu air untuk menjaga kontinuitas debit pengaliran.

### 2.6 Pergerakan Air Tanah

Pergerakan air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi. Pada umumnya pergerakan air tanah relatif lambat. Secara umum gerakan air tanah sangat

seederhana yaitu gerakan yang didorong oleh gaya berat ditahan oleh gesekan pada medium yang poreus (Syehan, 2004).

Gerak airtanah dibedakan menjadi gerak vertikal dan gerak horisontal. Gerak vertikal disebabkan karena adanya gaya gravitasi dan gaya kapiler, gaya gravitasi menyebabkan airtanah bergerak kebawah sedangkan gerak kapiler menyebabkan airtanah bergerak keatas. Gerak horizontal dipengaruhi oleh formasi geologi daerah maupun kemiringan lapisan batuan, akibat gerak ini lah maka terjadi arah aliran airtanah dari tempat tinggi ketempat yang rendah.

## **2.7 Pencemaran Air Tanah**

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Pencemaran merupakan penyebab utama penurunan kualitas air tanah terutama daerah perkotaan. Kawasan perkotaan yang tingkat kepadatan penduduknya tinggi dan memiliki aktivitas yang kompleks sangat rentan dengan pencemaran air tanah. Salah satu pencemar yaitu limbah industri, perumahan, pertanian, rumah tangga, dan penangkapan ikan dengan menggunakan racun (Ekarini, 2021).

Proses kontaminasi air tanah atau masuknya kontaminan ke dalam air tanah tidak dapat lepas dari dua proses, yaitu infiltrasi dan dispersi (perkolasi), Infiltrasi merupakan proses masuknya air beserta bahan-bahan yang terlarut di dalamnya ke dalam lapisan tanah. Infiltrasi dipengaruhi oleh gaya kapiler disebut infiltrasi terbuka, sedangkan infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi disebut infiltrasi

tertutup. Besarnya infiltrasi tergantung dari sifat tanah, semakin kecil pori-pori tanah makin sedikit infiltrasi yang terjadi. Dispersi merupakan hasil simultan dari gerakan bahan-bahan yang tercampur di dalam air secara mekanis dan fisika-kimia untuk menghasilkan suatu bentuk campuran yang homogen (Effendi, 2017).

Proses pencemaran juga dapat diakibatkan oleh keadaan fisik atau konstruksi sumur yang buruk. Pemilihan lokasi sumur yang berdekatan dengan daerah buangan akan mempengaruhi resiko resapan bahan pencemar. Sumur dengan kondisi tanah yang lebih berpori akan lebih terpengaruh oleh air di sekitarnya dari pada tanah yang berpori lebih kedap. Jarak genangan air terhadap sumur juga berpengaruh dalam suatu lingkungan dengan rumah yang padat, kualitas air sumur dapat terpengaruh oleh pengelolaan air buangan kamar mandi dan septik tank. Selain itu, tanah dengan kemiringan besar (derajat kemiringan yang besar) akan mudah mengalirkan air sehingga lokasi sumur yang berdekatan dengan sungai dengan kemiringan yang besar dapat menjadi penyebab penurunan kualitas air sumur (Aminah, 2015).

Air tanah tercemar dari sumber alam atau berbagai macam kegiatan masyarakat, misalnya pada perumahan, komersial, perusahaan/industri, dan kegiatan perkebunan. Pencemaran yang berasal dari kegiatan di permukaan tanah yaitu tumpahan dari limbah industri, sistem septic tank, penambangan sumur tua maupun kebocoran terhadap penyimpanan minyak bumi bawah tanah & dari konstruksi bawah permukaan air yang terkontaminasi. Biasanya, selain itu terjadi ketika tangki menua dan mengalami kerusakan, akibat tumpahan yang mencapai dalam air tanah (Jati dkk., 2017).

Sumber utama dan penyebab pencemaran air tanah dapat dikategorikan dari salah satu pencemaran air tanah yaitu proses pengeboran minyak bumi terhadap penambangan sumur tua dengan menggunakan alat yang telah diuji oleh para ahli kompetensi yang mana melakukan pengeboran ke dalam bawah tanah untuk mendapatkan air, minyak dan gas bumi. Minyak dan gas bumi merupakan sektor perkembangan pertambangan yang menjadi kesejahteraan pertumbuhan dalam ekonomi terhadap wilayah hukum pertambangan Indonesia dan kekayaan alam karunia Allah SWT, serta memiliki peranan penting untuk memenuhi orang banyak (Afni, 2020).

### **2.7.1 Parameter Besi**

Besi (Fe) adalah elemen yang banyak di batuan dan merupakan salah satu elemen kimia yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologi dan semua badan air. Kandungan unsur kimia dalam air sangat tergantung pada formasi geologi tempat air itu berada dan formasi geologi tempat dilaluinya air. Sebagai Contoh, apabila selama perjalanannya air melalui suatu batuan yang mengandung besi, maka secara otomatis air akan mengandung besi, demikian juga untuk unsur-unsur yang lainnya. Besar kecilnya material terlarut tergantung pada lamanya air kontak dengan batuan. Semakin lama air kontak dengan batuan semakin tinggi unsur-unsur yang terlarut di dalamnya.

Kandungan unsur besi di air tanah, terutama di dalam air sumur banyak terjadi. Air tanah yang umumnya mempunyai konsentrasi karbondioksida yang tinggi dapat menyebabkan kondisi anaerobik. Kondisi ini menyebabkan

konsentrasi besi bentuk mineral tidak larut ( $\text{Fe}^{3+}$ ) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dari 0,01 mg/l - 25 mg/l (Slamet, 2004).

### 2.7.2 Parameter Mangan

Kandungan unsur besi di air tanah, terutama di dalam air sumur banyak terjadi. Air tanah yang umumnya mempunyai konsentrasi karbondioksida yang tinggi dapat menyebabkan kondisi anaerobik. Kondisi ini menyebabkan konsentrasi besi bentuk mineral tidak larut ( $\text{Fe}^{3+}$ ) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Konsentrasi besi pada air tanah bervariasi mulai dari 0,01 mg/l - 25 mg/l. yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Mangan di dalam senyawa  $\text{MnCO}_3$ ,  $\text{Mn(OH)}_2$  mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{Mn(NO}_3)_2$  mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Said, 2005).

## 2.8 Software Pemodelan

Dalam pemodelan air tanah pada penelitian ini menggunakan 1 (satu) buah *software* yaitu *software* ArcGis versi 10.8. *Software* ini berfungsi dalam pemodelan gambar teknis, pemetaan, topografi dan air tanah.

### 2.8.1 Software ArcGis

ArcGis adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), yang merupakan gabungan dari berbagai fungsi perangkat lunak GIS seperti GIS *desktop*, *server*, dan berbasis *web*. Dirilis pertama kali pada tahun 2000, ArcGis Desktop adalah produk utama dari ArcGis. ArcGis Desktop merupakan perangkat lunak GIS profesional yang lengkap dan terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

a. ArcView

Komponen ini berfokus pada penggunaan data secara komprehensif, serta pemetaan dan analisis.

b. ArcEditor

Komponen ini lebih berfokus pada pengeditan data spasial.

c. Arcinfo

Komponen ini menyediakan fungsi-fungsi GIS, termasuk untuk analisis *geoprosesing*.



Gambar 2.1 Tampilan Program ArcGis 10.8

ArcGis pertama kali diperkenalkan sebagai perangkat lunak komersial pada tahun 1999. Sejak itu, ESRI terus memperbarui dan mengembangkan perangkat lunak ini untuk memenuhi tuntutan fitur terbaru. Versi terbaru, yaitu ArcGis 10.8, dirilis pada tahun 2016. Pada versi ini, ArcGis Desktop dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk:

- a. ArcMap, Arcmap adalah aplikasi utama yang digunakan untuk mengelola data GIS. Aplikasi ini memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan, mengedit, membuat peta tematik, mengelola data tabular (seperti Excel), melakukan pemilihan data (Query), serta menggunakan fitur Geoprocessing untuk menganalisis dan menyesuaikan data atau menghasilkan output dalam bentuk tampilan peta. Pengguna juga dapat mengolah data sesuai dengan kebutuhan mereka.
- b. ArcGlobe, ini adalah salah satu aplikasi yang menampilkan permukaan bumi seperti Google Earth, dengan menggunakan citra satelit untuk memberikan representasi visual dari permukaan bumi.
- c. ArcCatalog, Aplikasi ini memiliki fitur untuk membuat data vektor dan mengelompokkannya sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Dilengkapi dengan alat untuk menjelajah informasi (browsing), mengatur data (organizing), membagi data (distribution), serta mendokumentasikan data spasial dan informasi geografis terkait.
- d. Arcscene, Aplikasi ini memiliki fitur yang mirip dengan ArcMap, namun keunggulannya terletak pada fitur 3D yang memungkinkan pengolahan worksheet dengan tampilan X, Y, dan Z.

## 2.9 Interpolasi

Interpolasi spasial merupakan suatu metode untuk memprediksi nilai pada lokasi-lokasi yang tidak memiliki titik sampel. Menurut (Prasasti et al., 2005), interpolasi spasial mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu di dalam ruang (space) dan atribut ini harus berhubungan (dependence) secara spasial. Berdasarkan kedua asumsi tersebut mengindikasikan bahwa lokasi lokasi yang berdekatan akan lebih mirip dari pada nilai pada lokasi lokasi yang terpisah dengan jarak yang lebih jauh. Menurut (Tatalovich et al., 2006), metode interpolasi yang berbeda dapat menghasilkan nilai prediksi yang berbeda pada lokasi yang sama. Oleh karena itu, terdapat berbagai macam jenis metode interpolasi sesuai permasalahan yang ada di sekitar.

### 2.9.1 Inverse Distance Weighted (IDW)

Setiap titik input memiliki efek lokal yang semakin berkurang pada jarak, menurut pendekatan Inverse Distance Weighted (IDW). Secara umum, jarak invers yang ditentukan dari persamaan matematis berdampak pada metode interpolasi IDW. Permukaan akan lebih detail dengan titik yang lebih dekat karena efeknya akan lebih besar daripada titik input. Namun, ketika jarak efek bertambah gambar tampak lebih halus (Azpurua & dos Ramos, 2010).

Metode IDW adalah teknik interpolasi umum lainnya yang memberi bobot pada jarak. Jarak ini merupakan jarak (datar) antara titik data (sampel) dengan blok yang perlu didekati. Akibatnya, berat bertambah dan berkurang tergantung

pada jarak antara titik sampel dan balok yang akan diestimasi (Kurniadi et al., 2018).

IDW memiliki keuntungan karena dapat menyesuaikan karakteristik interpolasi dengan membatasi jumlah titik input yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik – titik yang jauh dari sampel dan memiliki sedikit atau tidak ada hubungan spasial dapat dikeluarkan dari perhitungan. Titik-titik yang akan digunakan dapat ditentukan baik secara langsung maupun berdasarkan jarak yang akan diinterpolasi. Kelemahan interpolasi IDW adalah tidak dapat memperkirakan nilai di atas atau di bawah nilai maksimum dan minimum titik sampel (Pramono, 2008).

### **2.9.2 Kriging**

Metode Kriging merupakan suatu metode stokastik yang mirip dengan metode interpolasi spasial *Inverse Distance Weighting* (IDW). Metode Kriging menggunakan kombinasi linier dari pembobot (weights) untuk memperkirakan nilai di antara sampel data (Syaeful Hadi, 2015). *Kriging* dikembangkan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai distribusi biji tambang berdasarkan data dari beberapa lokasi sampel yang kemudian dikembangkan lebih jauh oleh G. Matheron pada tahun 1963 (Getis et al., 2010). *Kriging* termasuk pada metode interpolasi stokastik karena proses perhitungannya dilakukan secara statistika guna menghasilkan nilai interpolasi (Syaeful Hadi, 2015). *Kriging* menimbang nilai yang terukur di sekitarnya untuk memperoleh prediksi di lokasi yang tidak terukur. Point kriging merupakan metode mengestimasi suatu nilai dari sebuah titik pada tiap-tiap grid.

Metode *kriging* sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan dan cakupan dari wilayah yang diperhitungkan. Tidak seperti metode IDW, *kriging* memberikan ukuran kesalahan dan keyakinan. Menurut Lagueche (2006) metode *kriging* memiliki beberapa keunggulan, antara lain sebagai interpolator, metode *kriging* (Lagueche, 2006) memadukan korelasi spasial antara data, hal mana tidak dilakukan oleh prosedur statistik klasik. Keunggulan *kriging* dibandingkan Teknik konturisasi lainnya adalah kemampuannya untuk mengkuantifikasi variansi dari nilai yang diestimasi sehingga dapat diketahui.

Metode *kriging* tetap dapat digunakan meskipun tidak ditemukan korelasi spasial antar data. Kelemahan *kriging* yaitu banyaknya metode yang membangun teknik ini, sehingga menghendaki banyak asumsi yang jarang sekali dapat dipenuhi. *Kriging* mengasumsikan data menyebar normal sementara kebanyakan data lapangan tidak memenuhi kondisi tersebut. Selain itu, semivariogram yang dihitung untuk suatu himpunan data tidak berlaku untuk himpunan data lainnya. Dengan demikian estimasi semivariogram akan sulit bila titik sampel yang digunakan tidak mencukupi.

### 2.9.3 Penelitian Terdahulu

Daftar penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini dapat dilihat dari tabel 2.1

**Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu**

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
1	subariswati	Analisis persebaran pencemaran air tanah di sekitar penambangan minyak desa wonocolo	Bertujuan untuk mengetahui kualitas air tanah terhadap pencemaran penambangan sumur	Hasil masih memenuhi baku mutu yang di tentukan berupa besi (0,25), mangan (0,072) dan seng (0,5).
2	Ejikeme Ugwohae and Benedit Emeka O. (2017)	Effect of Oil Spillage on Groundwater Quality	Tujuan penelitian untuk mengetahui dampak tumpahan minyak terhadap kualitas air tanah di area yang terkena tumpahan di Gokhana Lokal,	Hasil menunjukkan adanya total hidrokarbon di daerah penelitian, dengan nilai rata-rata $1,4 \pm 0,34$ mg / l, tetapi tidak ada di area kontrol, menandakan pencemaran air tanah di wilayah studi. Indikasi lain pencemaran

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
			Sampel yang di analisis dari sumur gali tangan. Parameter air seperti suhu, pH, (DO), (BOD) dan kandungan hidrokarbon total (THC).	kualitas air tanah dalam penelitian daerah memiliki pH rendah dengan nilai rata-rata 4 ± 0,22, oksigen terlarut rendah (DO) dengan nilai ratarata 2,2 ± 0,36 mg/l dan oksigen biokimia tinggi demand (BOD) dengan nilai rata-rata 12,5 ± 2,27 mg/l dibandingkan dengan (WHO)
3	Suphia Rahmawati, Any Juliani, Wahyuningtyas P.S., Azkiyatul B. (2018)	nvestigasi Pencemaran Air Tanah oleh Hidrokarbon Minyak Bumi dari Lokasi Gas di Daerah Yogyakarta.	Tujuan penelitian untuk mengetahui pencemaran air tanah oleh minyak bumi hidrokarbon dari SPBU wilayah Yogyakarta raya di indonesia. Kriteria penyaringan seperti	Dari enam titik pengambilan sampel, btex terdeteksi dengan konsentrasi berkisar antara 0,008 hingga 25.631 ppb. Konsentrasi benzena pada titik pengambilan sampel 3 melampaui baku mutu air minum indonesia dan WHO. Hasil penelitian ini menunjukkan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
			standar konstruksi, insiden kebocoran yang dilaporkan, serta kondisi geologi dan hidrogeologi digunakan untuk mengidentifikasi yang berisiko tinggi terkontaminasi air oleh minyak hidrokarbon. SPBU yang dekat dengan sumur gali yang airnya telah digunakan untuk manusia konsumsi harian dipilih untuk analisis lebih lanjut.	polusi air tanah btx mungkin merupakan bahaya kesehatan dengan proporsi yang saat ini tidak diketahui di wilayah yogyakarta yang lebih luas. Rekomendasi untuk menilai risiko digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id 35 kesehatan yang terkait dengan konsumsi harian manusia dari air tanah yang tercemar btx dan juga untuk menguji air tanah di semua pompa bensin dan memulihkan daerah tersebut.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini kuantitatif berupa angka dan grafik yang ditampilkan berdasarkan hasil uji yang didapatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan Besi dan mangan menggunakan metode IDW dan *Kriging* pada air sumur gali.

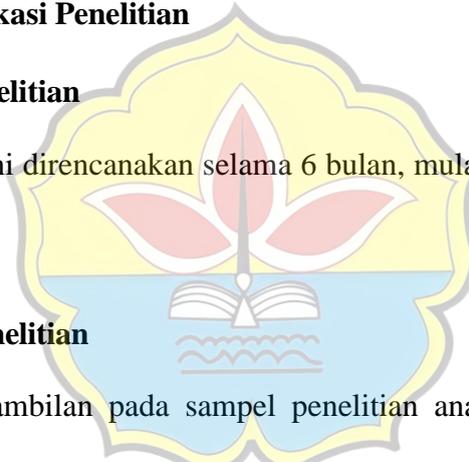
#### **3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian**

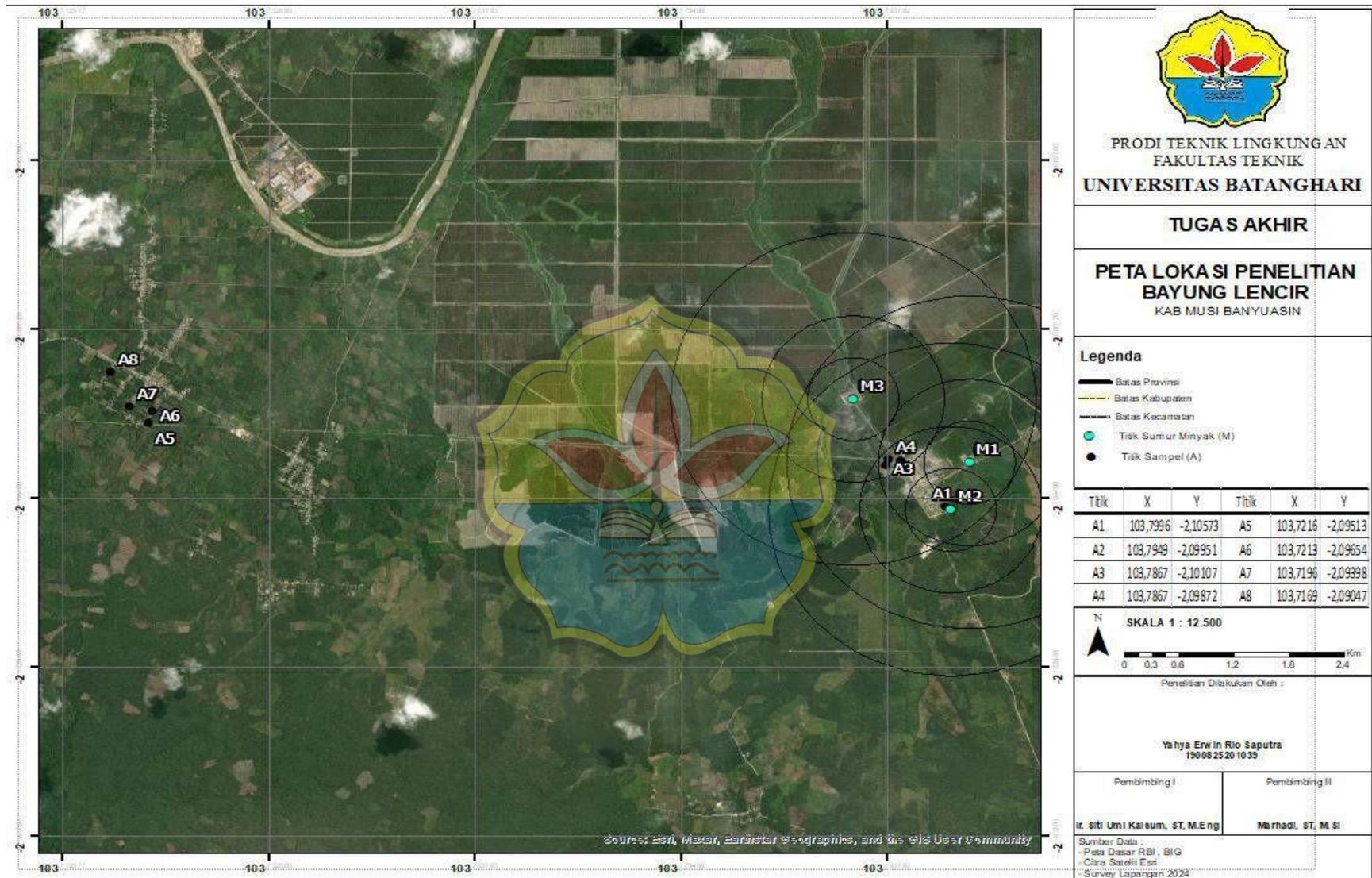
##### **3.2.1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini direncanakan selama 6 bulan, mulai November 2024, sampai Februari 2025.

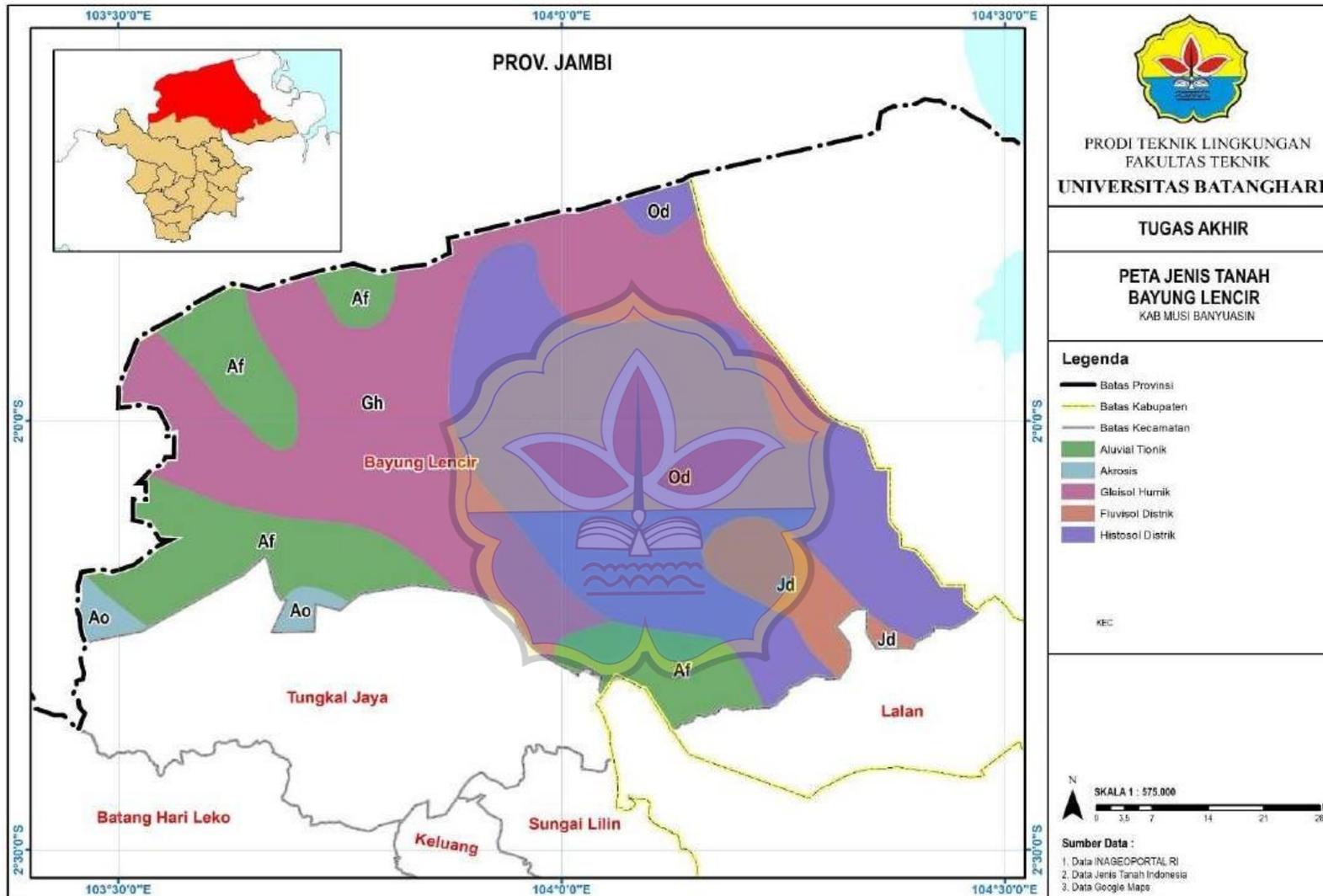
##### **3.2.2. Lokasi Penelitian**

Lokasi pengambilan pada sampel penelitian analisis kualitas air dangkal dilakukan di sekitar daerah penambangan minyak bumi di Desa Kaliberau, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin. Lokasi penelitian terbagi menjadi 3 titik pengambilan sampel.





**Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian**



**Gambar 3. 2 Jenis Tanah Lokasi Penelitian**

### **3.3 Data Penelitian**

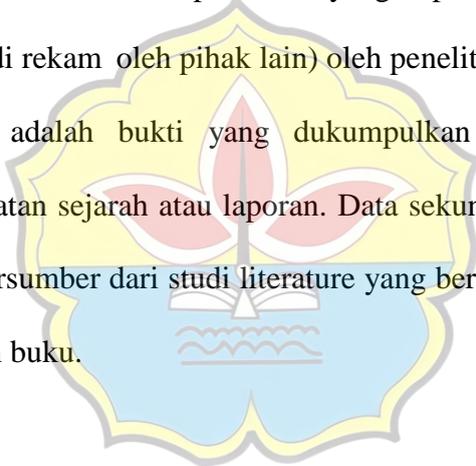
Dalam Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu:

#### **3.3.1. Data Primer**

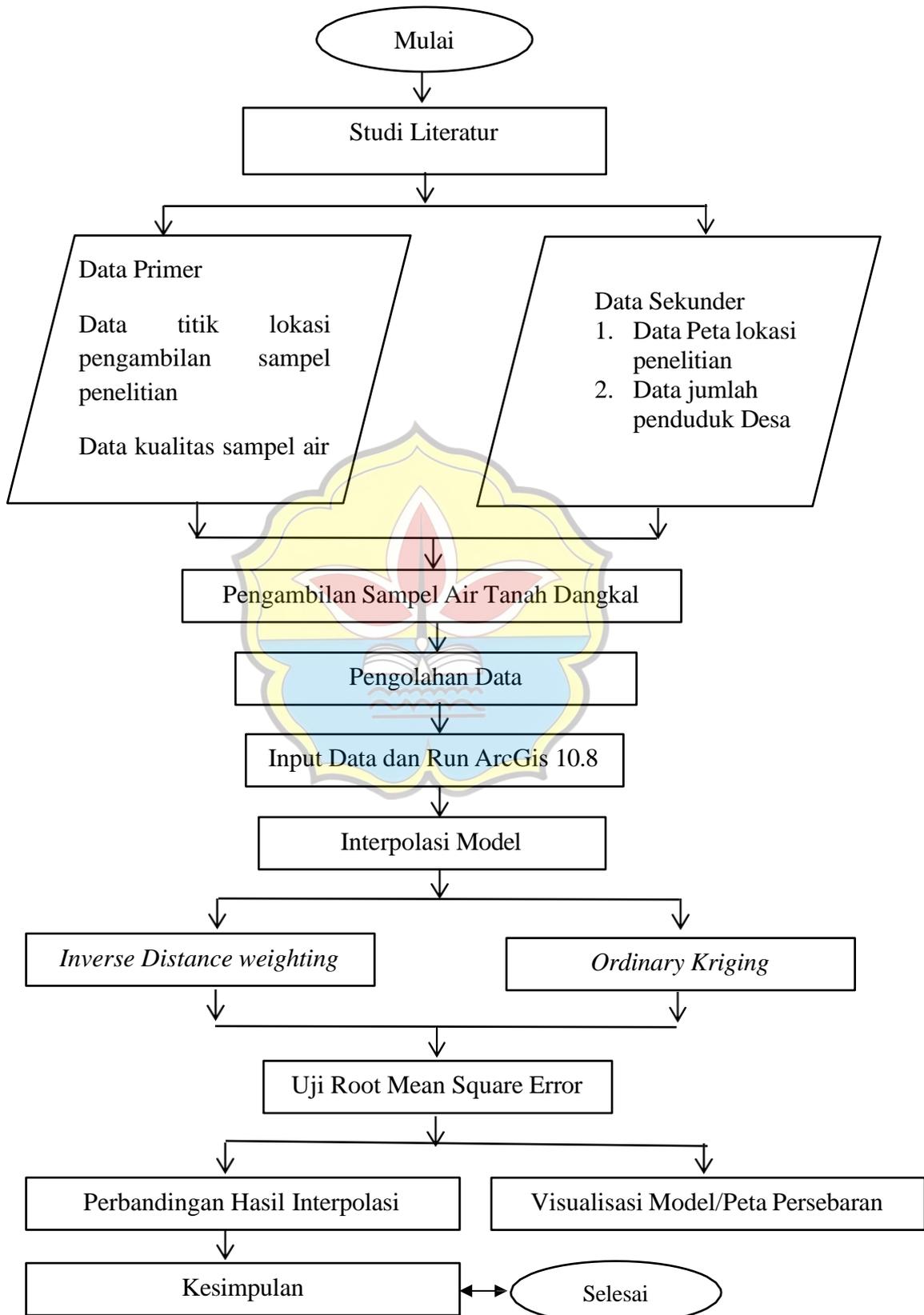
Jenis data ini merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian melalui pengamatan langsung dilapangan dan data laboratorium Alkana Diza Laboratorium.

#### **3.3.2. Data Sekunder**

Data Sekunder adalah data penelitian yang di peroleh secara tidak langsung (diperoleh atau di rekam oleh pihak lain) oleh peneliti melalui media perantara. Data sekunder adalah bukti yang dukumpulkan dalam arsip atau data documenter, catatan sejarah atau laporan. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari studi literature yang berasal dari jurnal, penelitian sebelumnya, dan buku.



### 3.4 Alur Penelitian



Gambar 3. 3 Diagram Alir

### **3.5 Bahan dan Alat**

#### **3.5.1 Bahan**

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Air Sumur Gali

#### **3.5.2 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Meteran
2. Jerigen
3. GPS

### **3.6 Proses Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel air sumur terdapat di sekitar tempat penambangan minyak, pengambilan sampel dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air sumur diambil dengan alat berupa corong, dan botol sampel yang terbuat dari plastik.
2. Air sumur gali di timba menggunakan ember
3. Botol sampel di bilas menggunakan air sumur sebanyak 3 kali.
4. air sampel dimasukkan kedalam botol berukuran 1 Liter.
5. Setelah botol terisi penuh tutup dan beri label;
  - 1) Tanggal pengambilan sampel.
  - 2) Lokasi pengambilan sampel.
  - 3) Sampel dibawa ke laboratorium untuk diperiksa

### **3.7 Analisis dan Pembahasan**

#### **3.7.1 Pengujian Air Sumur Gali**

Analisis konsentrasi besi dan mangan dilakukan di Laboratorium. Data konsentrasi tiap parameter kemudian dianalisis untuk melihat pengaruh pengeboran minyak terhadap pencemaran air sumur gali.

#### **3.7.2 Analisa Data**

Data disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dianalisis mengacu pada pengaruh pencemaran air sumur gali terhadap aktivitas pengeboran minyak.

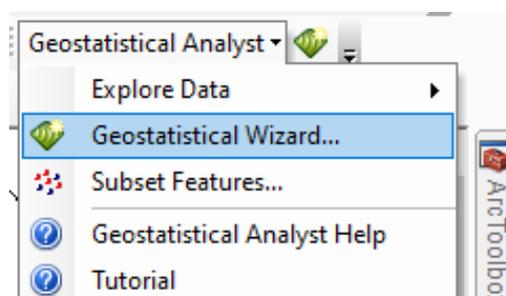
#### **3.7.3 Interpolasi IDW**

Tahapan analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode teknologi canggih. Analisa deskriptif digunakan pada penelitian ini guna mendeskripsikan data hasil penelitian yang telah dilakukan. Data air tanah ini disajikan dalam bentuk spasial guna mengolah data dalam bentuk Sistem Informasi Geografis (GIS) yang menampilkan persebaran kontaminan zat Timbal, Tembaga, dan Besi pada air tanah yang sudah diteliti pada laboratorium terpadu Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Persebaran kontaminan logam berat mengacu kepada Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) dan Persyaratan Kesehatan Air bagian parameter wajib air minum, Besi memiliki kadar maksimal yang diperbolehkan untuk dikonsumsi adalah sebesar 0,2 mg/L, dan Mangan sebesar 0,1 mg/L.

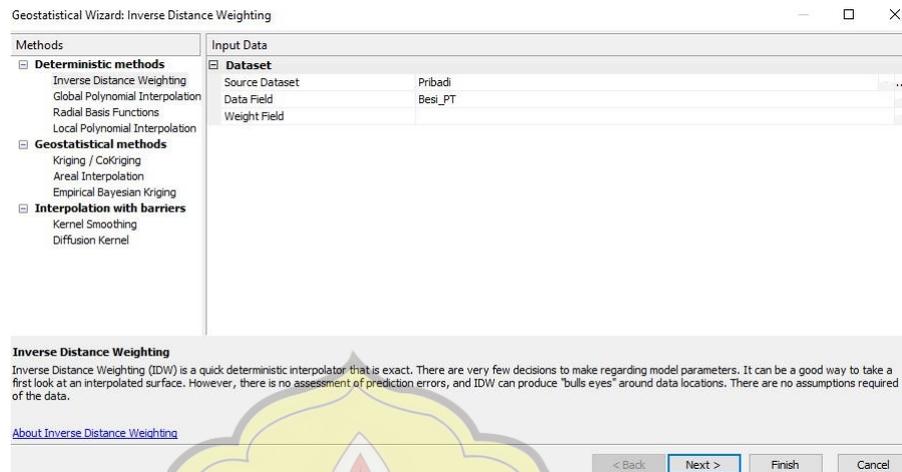
Dalam pemetaannya, analisis ini menggunakan metode Inverse Distance Weighting (IDW) yang berisikan data total zat Timbal, Tembaga, dan Besi pada air tanah sesuai titik koordinatnya. Menurut Yasrebi (2009) Metode Inverse Distance Weighting (IDW) ini memerlukan minimal 14 data saja jika sebaran datanya sudah mewakili. Serta metode interpolasi IDW ini merupakan analisis persebaran yang sering dipakai karena lebih mudah di pahami dan dimengerti oleh orang awam karena penyajiannya yang sederhana. Dalam membuat analisis spasial diperlukan data pendukung yaitu titik koordinat dimana titik ini yang menjadi tempat penelitian. Selanjutnya adalah pengolahan data kualitas air tanah, peta administrasi Kabupaten Sleman diolah menggunakan Software QGIS3 guna menganalisis persebaran kontaminan logam berat Timbal, Tembaga, serta Besi. Terkait dengan analisa deskriptif pada air tanah terdapat beberapa data guna pendukung pada penelitian yaitu kondisi tanah, aliran air tanah, serta tata guna lahan yang terkait dengan area yang menjadi lokasi penelitian.

Langkah-langkah dalam pembuatan interpolasi IDW sebagai berikut:

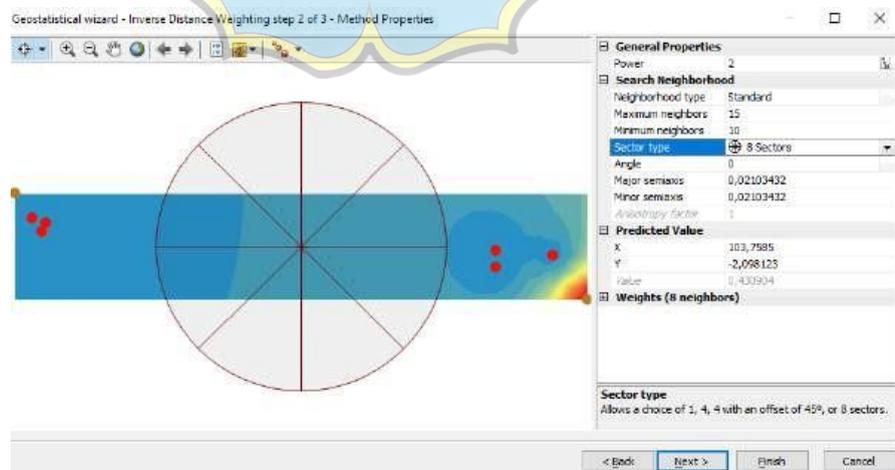
1. Pilih menu Geostatistical Analyst setelah itu pilih Geostatistical Wizard.



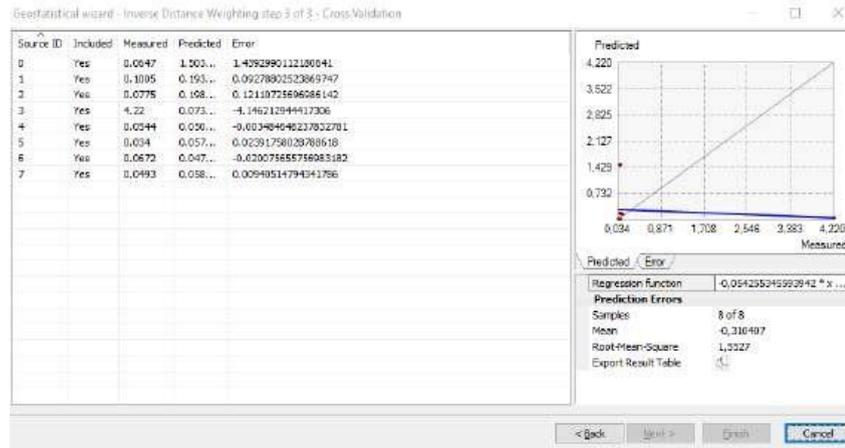
2. Pada menu deterministic methods pilih menu Inverse Distance Weighting lalu pada source dataset pilih data yang akan di interpolasi dan tekan next.



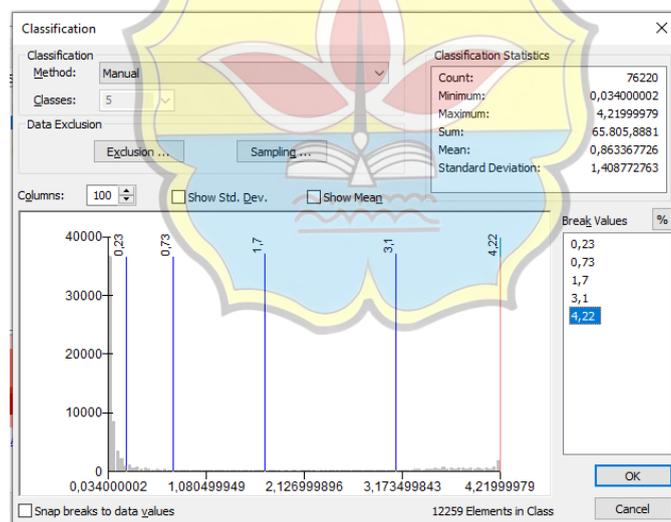
3. Pada step 2 method Properties atur seting power yang akan digunakan, neighborhood type, dan sector type menjadi 8 sectors, lalu next.



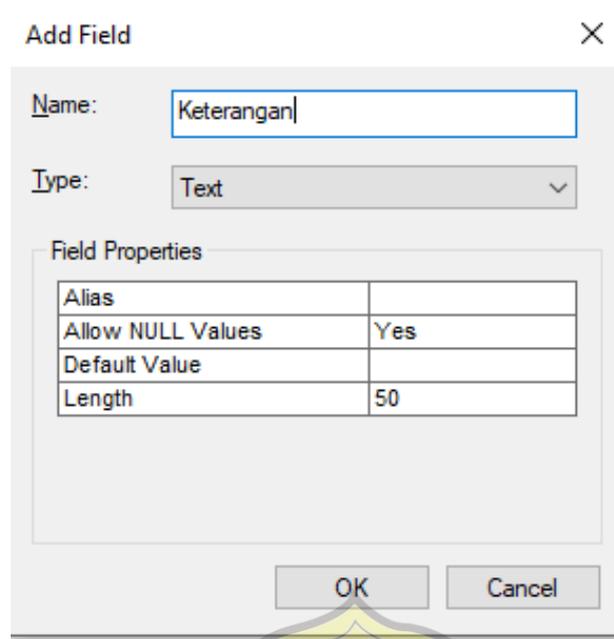
4. Pada step 3 cross validation dapat dilihat nilai prediksi dari interpolasi. Lalu finish.



- ubah class sesuai dengan yang dibutuhkan, Arctools box > 3D analyst  
Tools > Raster Reclass > Reclassify.



- lalu ubah raster menjadi polygon dengan cara, Arctools box > conversion tools > from raster > raster to polygon.
- add field & masukkan keterangan field

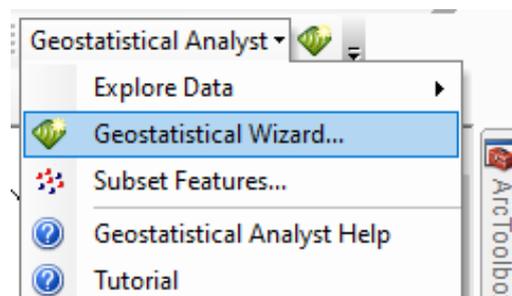


8. klik kanan pada data shp, properties > symbology > categories > atur class yang digunakan.
9. Selesai.

#### 3.7.4 Interpolasi Kriging

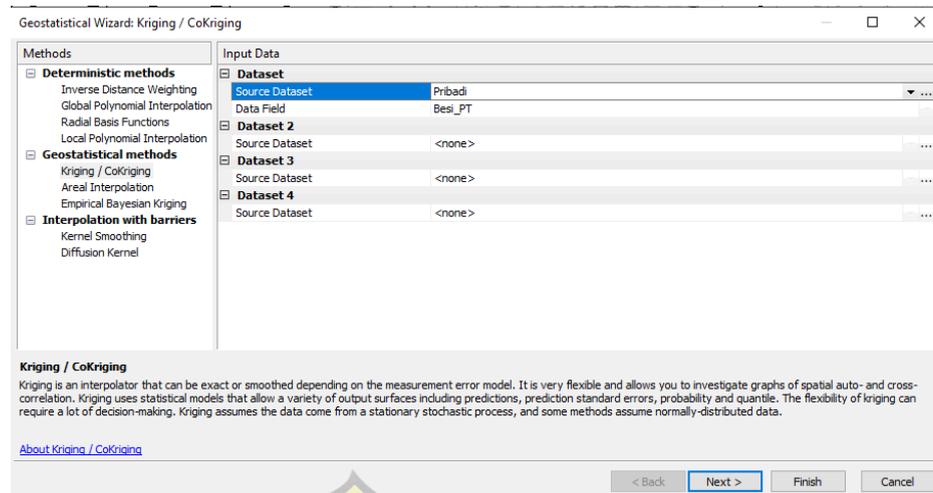
Langkah – langkah dalam pembuatan Interpolasi Kriging sebagai berikut:

1. Pilih menu Geostatistical Analyst setelah itu pilih Geostatistical Wizard.

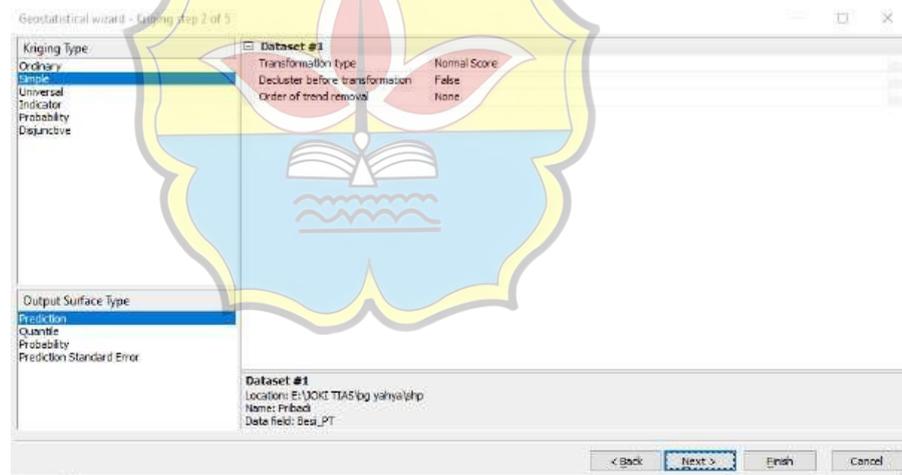


2. Pada menu deterministic methods pilih menu Inverse Distance Weighting lalu pada source dataset pilih data yang akan di interpolasi

dan tekan next.

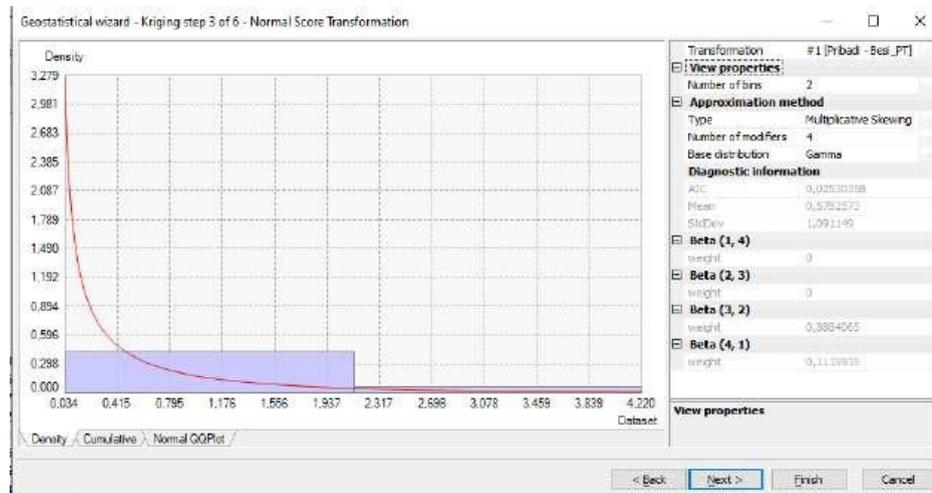


3. Pada step 2 pilih kriging type , lalu next.

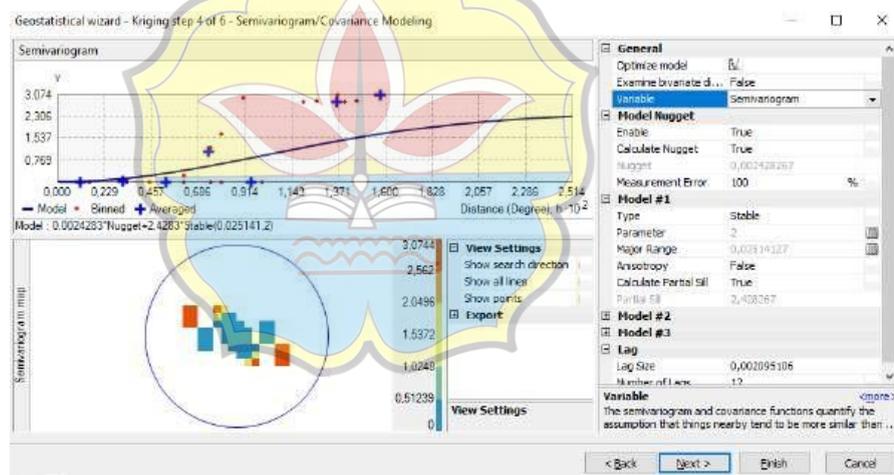


4. Pada step 3 atur approximation method menggunakan type

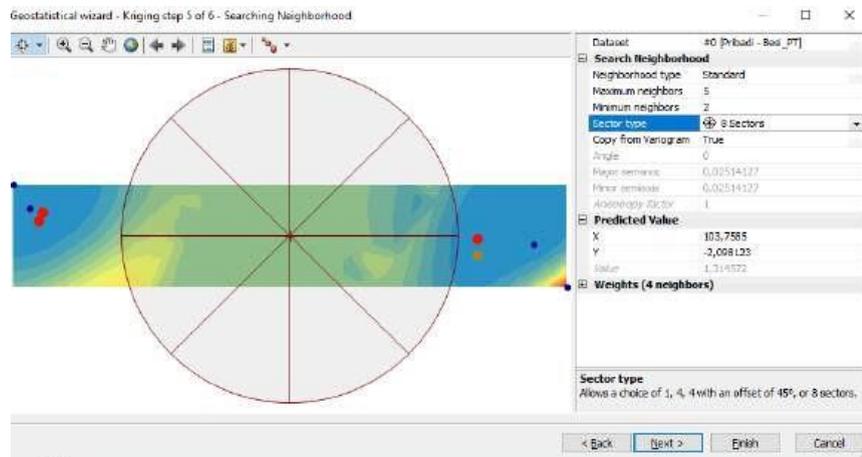
Multiplicative skewing dengan base distribution Gamma, Lalu next.



5. Pada step 4, atur variable menjadi semivogram dengan type circular, lalu next.



6. Pada step 5, atur searching neighborhood, lalu next



7. Pada step 6, cross validation dapat dilihat nilai prediksi dari interpolasi. Lalu finish.



8. Potong raster kriging sesuai dengan wilayah yang dibutuhkan. Spatial Analyst tools > Extraction > Extract By Mask.
9. Ubah class sesuai dengan yang dibutuhkan, Arctools box > 3D analyst Tools.
10. Lalu ubah raster menjadi polygon dengan cara, Arctools box > conversion tools > from raster > raster to polygon.
11. Add field & masukkan keterangan field.

12. Klik kanan pada data shp, properties > symbology > categories > Atur class yang akan digunakan.

13. Selesai.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Uji Awal Air Sumur Gali

Dalam kegiatan sehari-hari, warga sekitar masih menggunakan air sumur untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih. Pada penelitian ini, air sumur diambil secara acak dengan jarak 10 km dari tempat pengeboran minyak. Lahan pada lokasi sampling merupakan daerah yang jauh dari permukiman sehingga pengambilan titik sampel dilakukan dengan cakupan wilayah yang luas. Kegiatan sampling dilakukan selama 1 hari yaitu pada 13 Desember 2024. Pada saat pengambilan sampel cuaca cerah.

**Tabel 4. 1 Karakteristik Sumur Warga**

Sampel		Jarak (m)	Dinding Sumur	Jenis Tanah	Kedalaman Sumur (m)
1	A1	71,4	Polongan Cor	Tanah Merah	12
2	A2	743,42	Batu Bata	Tanah Merah	7
3	A3	900,88	Batu Bata	Tanah Gambut	11
4	A4	880,54	Batu Bata	Tanah Gambut	7
5	A5	7671,41	Polongan Cor	Tanah Merah	8
6	A6	7681,47	Polongan Cor	Tanah Merah	8
7	A7	7929,65	Batu Bata	Tanah Merah	7
8	A8	8152,92	Batu Bata	Tanah Merah	10

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui jarak aktivitas pengeboran pada sumur pantau (A1) sejauh 71,4 meter dengan kondisi tanah merah dan konstruksi dinding

sumur polongan cor, pada kisaran area 1km di tetapkan 3 sumur sebagai titik pemantauan dengan kontruksi dinding batu bata dan kondisi tanah merah pada titik A2 dan tanah gambut pada titik A3 dan A4, Selanjutnya pada area permukiman dengan jarak berkisaran 7,5 km dari aktivitas pengeboran di ambil 4 titik pemantauan dengan kondisi tanah merah dengan kontruksi dinding pada titik A5 dan A6 polongan cor dan pada titik A7 dan A8 batu bata.

Pada penelitian ini didapatkan data pendukung berupa hasil pengujian bulanan yang di lakukan PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang, dengan sumur yang di pantau berada pada titik A1.

**Tabel 4. 2 Data Awal Kualitas Air Sumur**

No	Bulan	Satuan	Kadar Besi (Fe)		Baku Mutu
			Sebelum di Filter	Setelah di Filter	
1	Januari		4,24	0,99	
2	Februari		4,30	0,96	
3	Maret		4,11	0,98	
4	April		4,25	1,00	
5	Mei		4,15	0,98	
6	Juni		4,12	0,99	
7	Juli	Mg/L	4,10	0,90	0,2
8	Agustus		4,23	0,91	
9	September		4,26	0,93	
10	Oktober		4,24	0,94	
11	November		4,28	0,94	
12	Desember		4,22	0,98	

Sumber: PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kadar besi (fe) yang terdapat pada titik A1 telah dilakukan pengolahan agar menurunkan kandungan besi (fe) dengan kadar tertinggi pada bulan februari sebesar 4,30 mg/L dan berhasil diturunkan

menjadi 0,96 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa kandungan besi (fe) pada sumur pantau (A1) telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan terjadinya pencemaran air sumur gali yang di sebabkan aktivitas pengeboran minyak.

#### 4.2 Analisis Kandungan Besi (fe) dan Mangan (Mn)

Kualitas Air Sumur Gali di Sekitar pengeboran minyak:

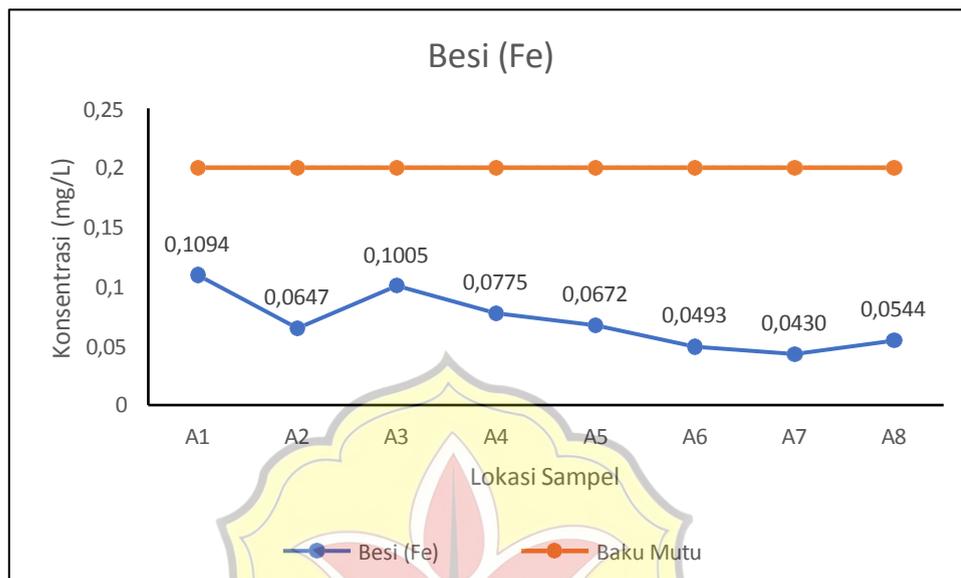
**Tabel 4. 3 Hasil Uji Pemantauan Kandungan Besi dan Mangan**

No	Sampel	Satuan	Besi (Fe)	Baku Mutu	Mangan (Mn)	Baku Mutu
1	A1		0,1094		0,0846	
2	A2		0,0647		0,0223	
3	A3		0,1005		0,0750	
4	A4		0,0775	0,2	0,0022	0,1
5	A5	Mg/L	0,0672		0,0147	
6	A6		0,0493		0,0487	
7	A7		0,0430		0,0376	
8	A8		0,0544		0,0324	

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

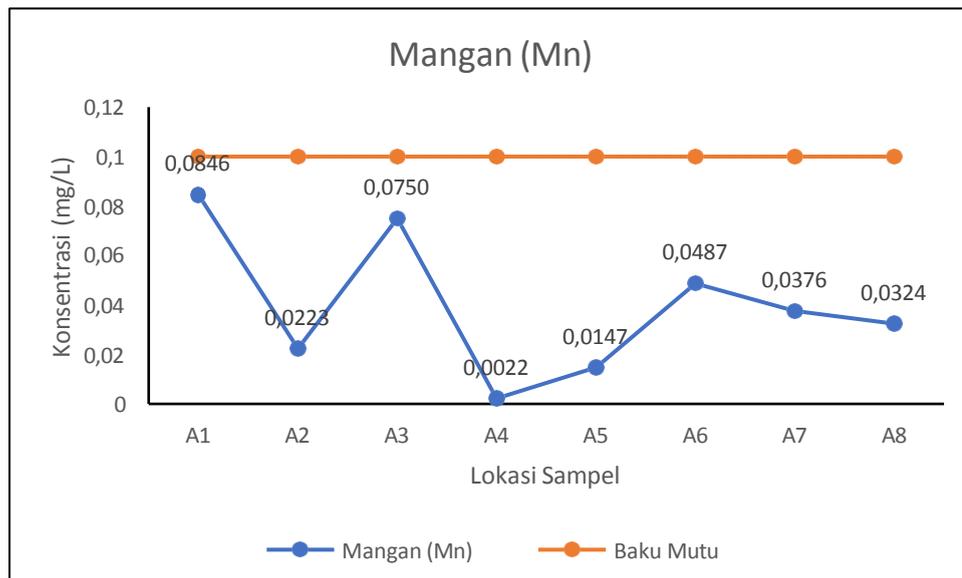
Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kadar Besi dan Mangan yang terdapat pada air sumur gali tersebut masih berada di bawah baku mutu yang telah di tetapkan. Hal ini berbeda jauh dengan hasil pemantauan yang dilakukan oleh PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang, yang menunjukkan bahwa air pada titik A1 seharusnya telah melebihi baku mutu yang di tetapkan. Kondisi dilingkungan pada pengambilan sampel dengan cuaca cerah.

Rendahnya kadar besi dan mangan pada air sumur gali menunjukkan tidak terjadinya pencemaran air sumur gali akibat aktivitas pengeboran, hal ini terjadi disebabkan jauhnya permukiman masyarakat dari lokasi pengeboran.



**Grafik 4. 1 Kandungan Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali**

Berdasarkan Grafik 4.1 menunjukkan kandungan besi (Fe) pada air sumur gali tertinggi berada pada titik A1 dan Titik A3, pada titik A1 kandungan tinggi di sebabkan jarak yang relatif dekat dengan jarak sejauh 71,4 meter dari aktivitas pengeboran dan memiliki karakteristik tanah merah dan dinding sumur cor sehingga mengurangi terjadinya proses pencemaran air tanah yang terjadi.



**Grafik 4. 2 Kandungan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali**

Berdasarkan Grafik 4.2 menunjukkan kandungan mangan (Mn) pada air sumur gali tertinggi berada pada titik A1 dan Titik A3, pada titik A1 kandungan tinggi di sebabkan jarak yang relatif dekat dengan jarak sejauh 71,4 meter dari aktivitas pengeboran dan memiliki karakteristik tanah merah sehingga memiliki waktu yang cukup lama agar dapat terjadinya pencemaran dan memiliki struktur dinding sumur cor. Pada titik A3 kandungan tinggi yang di sebabkan kondisi sumur berada di sekitar tanah gambut dan memiliki struktur dinding sumur batu bata.

#### **4.3 Persebaran Besi (Fe) Daerah Sekitar Pengeboran Minyak**

Profil persebaran logam berat Besi (Fe) di daerah sekitar pengeboran minyak disajikan dalam bentuk peta yang dibuat langsung menggunakan aplikasi ArcGIS menggunakan dua metode yaitu metode IDW (Inverse Distance Weighted) dan Metode Ordinary kriging. Data yang dibutuhkan pada pembuatan peta persebaran logam merupakan konsentrasi Besi (Fe) dari hasil pengujian sampel setiap titik.

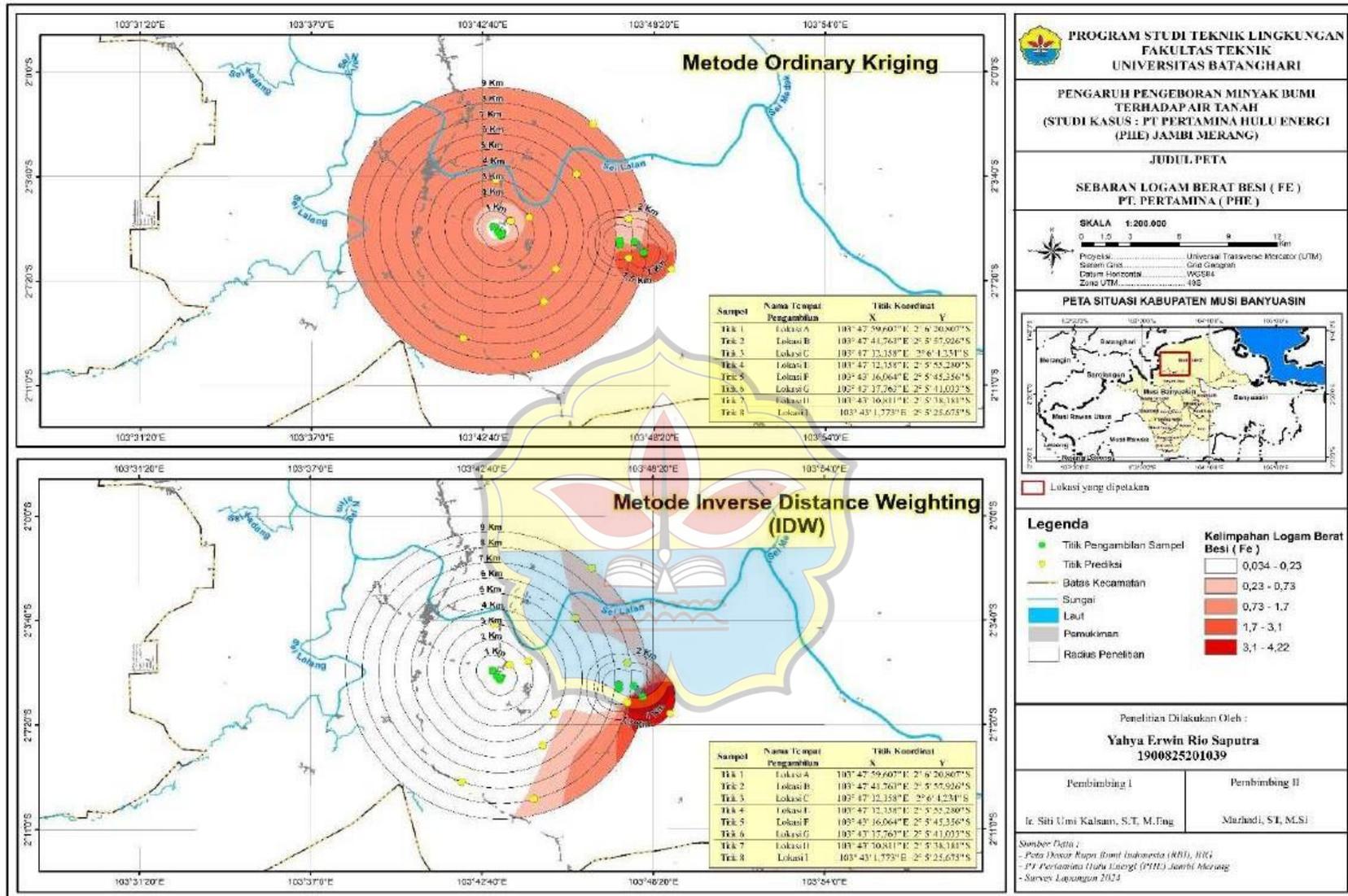
#### 4.3.1. Persebaran Besi (Fe) Berdasarkan Data Awal

Dari Gambar 4.1 di bawah terdapat perbedaan dari warna serta nilai prediksi antara model IDW dan Kriging pada bentuk sebaran besi (Fe) pada sekitar area pengeboran dengan menggunakan data hasil uji yang dilakukan PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang. Pada interpolasi IDW warna putih dengan klasifikasi sebaran 0,034 – 0,23 cenderung berada pada daerah permukiman yang dilakukan pengambilan sampel dan warna merah pekat dengan klasifikasi 3,1– 4,22 berada pada bagian timur atau berada pada jarak 1-1,5 km dari PT. Pada interpolasi Kriging warna putih dengan klasifikasi sebaran 0,034 – 0,23 berada pada permukiman warga dengan jarak 1 km dan warna merah pekat berada pada daerah sekitar PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang. Perbedaan nilai prediksi dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini:

**Tabel 4. 4 Nilai prediksi Sebaran Besi (Fe) berdasarkan Data Awal**

Titik Prediksi	Sebaran Logam Berat Besi (FE) PT Pertamina	
	<i>Inverse Distance Weighted</i>	Kriging
1 Km Warga	0,05	0,39
2 Km Warga	0,05	0,82
3 Km Warga	0,05	1,06
4 Km Warga	0,14	1,05
5 Km Warga	0,15	1,05
6 Km Warga	0,24	1,05
7 Km Warga	0,07	1,05
8 Km Warga	0,32	1,05
9 Km Warga	0,42	1,05
1 Km PT	1,88	2,13
1,5 Km PT	0,12	0,65
2 Km PT	3,93	1,66

Sumber: Hasil Penelitian, 2024



Gambar 4. 1 Model Sebaran Besi (Fe) Dengan Data Awal Metode IDW dan Ordinary Kriging

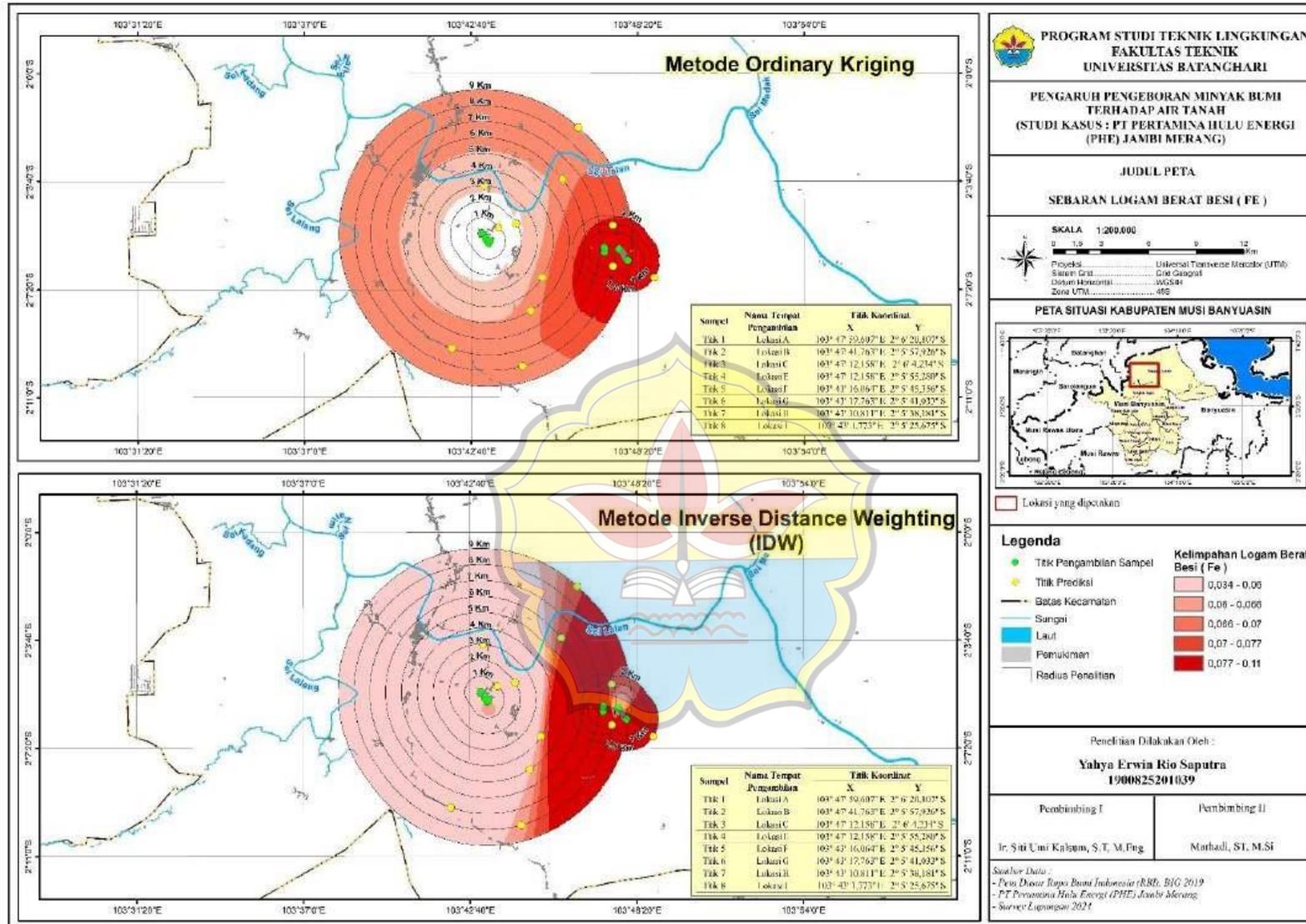
#### 4.3.2. Persebaran Besi (Fe) Berdasarkan Hasil Uji

Dari Gambar 4.2 di bawah terdapat perbedaan dari warna serta nilai prediksi antara model IDW dan Kriging pada bentuk sebaran besi (Fe) pada sekitar area pengeboran dengan menggunakan data hasil uji yang dilakukan. Pada interpolasi IDW merah muda dengan klasifikasi sebaran 0,034 – 0,06 cenderung berada pada daerah permukiman yang dilakukan pengambilan sampel dan warna merah pekat dengan klasifikasi 0,077– 0,11 berada pada bagian timur atau berada pada jarak 1-5 km dari PT. Pada interpolasi Kriging warna putih dengan klasifikasi sebaran 0,034 – 0,06 berada pada permukiman warga dengan jarak 2 km dan warna merah pekat berada pada daerah sekitar PT. Pertamina Hulu Energi (PHE) Jambi Merang atau berada pada 2 meter dari perusahaan. Perbedaan nilai prediksi dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini:

**Tabel 4. 5 Nilai prediksi Sebaran Besi (Fe) berdasarkan Data Hasil Uji**

Titik Prediksi	Sebaran Logam Berat Besi (FE) Pribadi	
	<i>Inverse Distance Weighted</i>	Kriging
1 Km Warga	0,05	0,06
2 Km Warga	0,05	0,06
3 Km Warga	0,05	0,06
4 Km Warga	0,06	0,07
5 Km Warga	0,06	0,07
6 Km Warga	0,07	0,07
7 Km Warga	0,05	0,07
8 Km Warga	0,06	0,07
9 Km Warga	0,07	0,07
1 Km PT	0,10	0,09
1,5 Km PT	0,08	0,08
2 Km PT	0,11	0,08

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

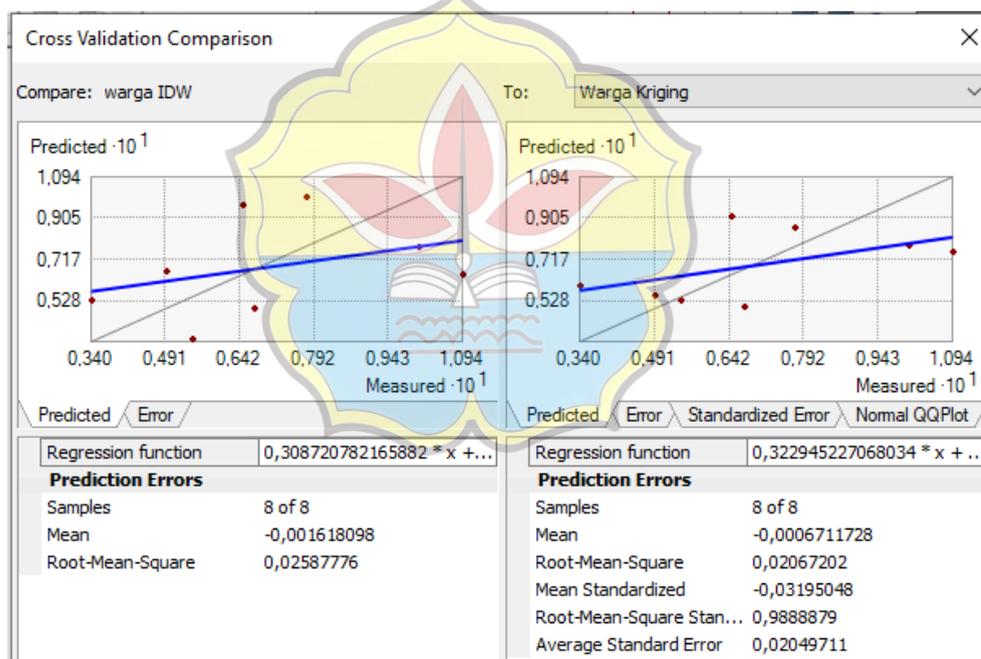


**Gambar 4. 2 Model Sebaran Besi (Fe) Dengan Data Awal Metode IDW dan Ordinary Kr**

### 4.3.3 Cross Validation

Untuk mengetahui model semivariogram yang menghasilkan hasil interpolasi terbaik maka dilakukan proses cross validation pada masing – masing hasil interpolasi dari data Sebaran Besi (Fe). Hasil cross validation yang didapatkan adalah berupa nilai RMSE dari masing-masing semivariogram yang kemudian dibandingkan untuk mendapatkan semivariogram dengan hasil interpolasi terbaik.

#### a. Besi (Fe) Pada Sumur Warga



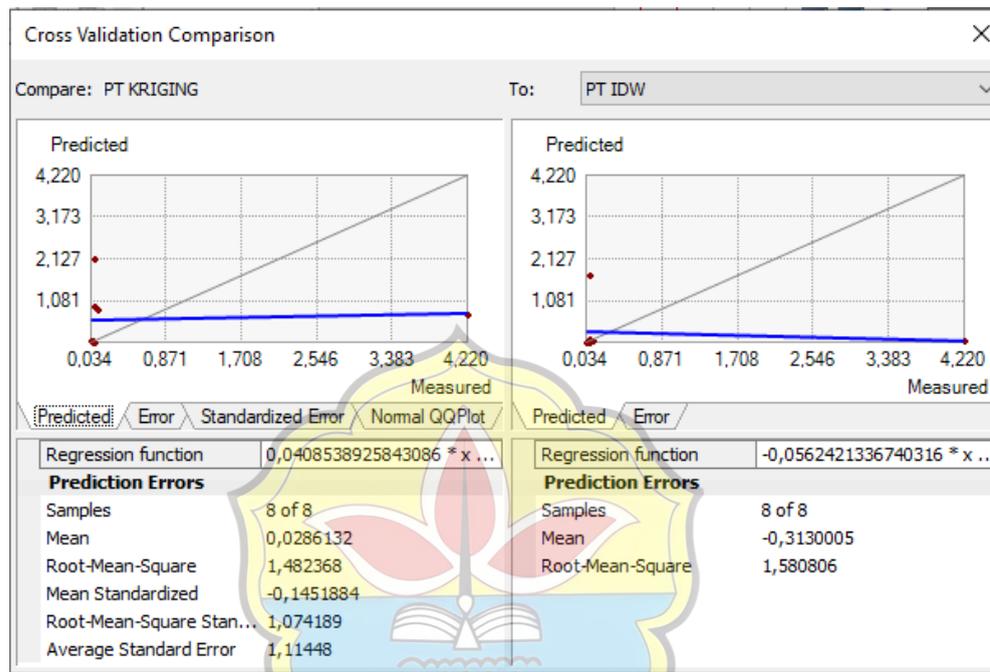
**Gambar 4. 3 Cross Validation Compare Kriging dan IDW Pada Sumur Warga**

Pada gambar 4.3 didapatkan nilai perbandingan antara interpolasi kandungan besi (Fe) pada sumur warga menggunakan metode Kriging dan interpolasi IDW. pada perbandingan tersebut didapatkan prediksi eror pada metode kriging dengan

nilai RMSE 0,0206. Sedangkan metode IDW nilai RMSE yang didapatkan 0,0258.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai RMSE metode kriging lebih kecil.

b. Besi (Fe) PT. Pertamina



**Gambar 4. 4 Cross Validation Compare Kriging dan IDW Pada Sumur PT. Pertamina**

Pada gambar 4.4 didapatkan nilai perbandingan antara interpolasi kandungan besi (Fe) pada sumur PT. Pertamina menggunakan metode Kriging dan interpolasi IDW. pada perbandingan tersebut didapatkan prediksi error pada metode kriging dengan nilai RMSE 1,482. Sedangkan metode IDW nilai RMSE yang didapatkan 1,580. Hal ini menunjukkan bahwa nilai RMSE metode kriging lebih kecil.

**Tabel 4. 6 Nilai RMSE Model Kriging Dan IDW**

No	Keterangan	RMSE Kriging	RMSE IDW
1	Besi (Fe) Warga	0,020	0,026
2	Besi (Fe) PT Pertamina	1,482	1,580
	Total	1,502	1,606

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui nilai RMSE terkecil didapatkan dengan metode *Kriging* dengan nilai keseluruhan sebesar 1,502 sedangkan pada metode IDW dengan nilai keseluruhan sebesar 1,606. Sehingga dapat di tentukan metode yang tepat untuk pemodelan besi (Fe) pada penelitian ini adalah metode Kriging.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada hasil uji laboratorium universitas andalas didapatkan untuk hasil uji tertinggi hanya sebesar 0,1094 untuk parameter besi dan 0,0846 untuk parameter mangan
2. Adanya hubungan jarak pengeboran dengan kualitas air sumur. Semakin jauh jarak sumur ke pengeboran menandakan bahwa kadar besi dan mangan nya akan semakin rendah.
3. Model sebaran besi (Fe) dari metode interpolasi kriging dan Inverse Distance Weighted tidak jauh berbeda dari bentuk dan warna, perbedaan juga dapat dilihat pada hasil prediksi interpolasi dimana dari 8 titik uji terdapat perbedaan hasil prediksi konsentrasi besi (fe) yang terdistribusi. Hal ini dapat terjadi karena metode IDW menggunakan perhitungan matematika sedangkan kriging menggunakan perhitungan statistik

#### **5.2 Saran**

Adapun saran dari peneliti yaitu sebagai berikut:

1. Perlunya kerja sama terhadap instansi puskesmas dalam penelitian ini agar pengelolaan sumur lebih lanjut terhadap kualitas air sumur gali yang masih di gunakan untuk keperluan air bersih.

2. Pemetaan logam berat dapat lebih baik dan akurat jika titik pengambilan sampel diperbanyak sehingga mendapatkan visual dan prediksi yang lebih akurat.
3. Perlunya pengujian sumur gali dengan parameter yang lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afni, N. (2020). Dampak Pengeboran Tambang Minyak Ilegal Di Gampong Pasir Putih, Kecamatan Rantau Peurulak ,Kabupaten Aceh Timur.
- Ameilia, D. (2018). Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal untuk Keperluan Air Minum di Desa Pematang. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung Bandar Lampung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 6989.58:2008 tentang Metode Pengambilan Sampel Air Tanah.
- Diary Ali M. A., Twana, O. A., Peshawa M. A., and Nadhir A. (2019). Soil and Groundwater Pollution Assessment and Delineation of Intensity Risk Map in Sulaymaniyah City, NE of Iraq. *Water*, MDPI, 11 2158; doi:10.3390/w11102158.
- Ejikeme U. and Benedict E. O. (2017). Effect of Oil Spillage on Groundwater Quality. *Journal of Environmental Studies*, Volume 3, Issue 1.
- Handayani, W.K. (2019). Sebaran dan Potensi Air Tanah Dangkal di Perbukitan Dome Sanggiran dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Masyarakat. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- Harnani. (2019). Dampak Pencemaran Minyak Bumi Akibat Pengeboran Ilegal Berdasarkan Uji Fisika-Kimia Air. (Studi Kasus : Kec. Keluang Kab. Musi Banyuasin Sumatera Selatan). Seminar Nasional AVoER XI, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Jati, K. P., Sugiyanto, H., & Muryani, C. (2017). Dampak Penambangan Minyak Tradisional Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi dan Lingkungan Hidup (Studi Kasus Desa Ledok Kecamatan Sambong Kabupaten Blora). 3 (1).

- Kasanah. (2021). Analisis Kualitas Air Tanah Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Di Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan. Tugas Akhir, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Notodarmojo, S. (2005). Pencemaran Tanah & Air Tanah. Bandung: Penerbit ITB.
- Permenkes Nomor 2 tahun 2023 tentang peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan
- Putranto, T. T., & Kusuma, K. I. 2009. Permasalahan Air Tanah Pada Daerah Urban. *Teknik*, 48-57.
- Putri, D. A., & M. M. 2020. Penurunan Fe Dan Mn Pada Air sumur Tanah Dalam.
- Tarigan, A. R. B. (2017). Analisa Kadar Besi (Fe) Dan Seng (Zn) Pada Sampel Air Sumur Darikampung Susuk Xi Dan Pasar Vi Padang Bulan Dengan Menggunakan Inductively Couple Plasma (Icp). 63
- Zahara (2018). Analisis Kualitas Sumber Air Tanah Asrama Mahasiswa Uin Ar – Raniry Banda Aceh Ditinjau dari Parameter Kimia. Skripsi Teknik Lingkungan
- Subariswanti, H. (2020). Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal Akibat Penambangan Sumur Tua di Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Bojonegoro.
- Amelia, D., et al. (2021). Geotoksikologi Akibat Pencemaran dari Produksi Minyak Secara Tradisional di Pertambangan Minyak Rakyat Wonocolo
- Antara News. (2021). Rusaknya Sumber Air Bersih karena Penambangan Minyak Ilegal

ROUTINE CHECKING OF WATER ACCOMMODATION B



No.	Month	Satuan	Kadar Besi (Fe)		Kadar pH	Checked By
			Before	After		
1	January	Mg/l	4.24	0.99	6.70	Fajar Nugrah
2	February	Mg/l	4.30	0.96	6.75	Heri Susanto
3	March	Mg/l	4.11	0.98	6.42	Fajar Nugrah
4	April	Mg/l	4.25	1.00	6.28	Heri Susanto
5	Mei	Mg/l	4.15	0.98	6.68	Fajar Nugrah
6	June	Mg/l	4.12	0.99	6.05	Heri Susanto
7	July	Mg/l	4.10	0.90	6.20	Fajar Nugrah
8	August	Mg/l	4.23	0.91	6.50	Heri Susanto
9	September	Mg/l	4.26	0.93	6.29	Fajar Nugrah
10	October	Mg/l	4.24	0.94	6.60	Heri Susanto
11	November	Mg/l	4.28	0.94	6.69	Fajar Nugrah
12	December	Mg/l	4.22	0.98	6.70	Heri Susanto





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ANDALAS  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
LABORATORIUM AIR

Alamat: Kampus Limau Manis, Padang – Sumatera Barat, Kode Pos 25163

HASIL ANALISIS

No Sampel :110/XII/LA-HA/2024  
:Air Tanah

No	Sampel	Satuan	Besi(Fe)	Mangan(Mn)
1	Lokasi A	mg/l	0.1094	0.0846
2	Lokasi B	mg/l	0.0647	0.0223
3	Lokasi C	mg/l	0.1005	0.0750
4	Lokasi D	mg/l	0.0775	0.0022
5	Lokasi E	mg/l	0.0672	0.0147
6	Lokasi F	mg/l	0.0493	0.0487
7	Lokasi G	mg/l	0.0340	0.0376
8	Lokasi H	mg/l	0.0544	0.0324



Padang, 20 Desember 2024  
Analisis



Syofni, S.Si

Tembusan :  
1. Arsip



AKREDITASI  
Prodi Sarjana Terakreditasi "Unggul"  
SK No. 6093/SK/BAN-PT/Akred-Itnl/S/IX/2020  
Prodi Magister Terakreditasi "B"  
SK No. 3116/SK/BAN-PT/Akred/M/VIII/2019



Engineering  
Accreditation  
Commission

Terakreditasi ABET (Prodi Sarjana)



Prodi Sarjana  
Terakreditasi  
IABEE  
Sertifikat Akreditasi  
No. 00072 A



Titik Sumur A1



Titik Sumur A2



Titik Sumur A3



Titik Sumur A4





Titik Sumur A5



Titik Sumur A6



Titik Sumur A7



Titik Sumur A8



Air Sampel Uji

