

**IDENTIFIKASI POTENSI CADANGAN *CLAY ILLITE* PADA
DAERAH SUMATERA BAGIAN TENGAH DENGAN
MENGUNAKAN ALAT GEOLISTRIK UNTUK LUMPUR
PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna penyusunan Tugas Akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

Rahmat Ilhan Mansizs

153210379



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :
Nama : Rahmat Ilhan Mansizs
NPM : 153210379
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Identifikasi Potensi Cadangan *Clay Illite* pada Daerah Sumatera Bagian Tengah dengan Menggunakan Alat Geolistrik untuk Lumpur Pemboran

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI


Pembimbing : Novrianti, ST, MT. ()
Penguji : Fitrianti, ST, MT. ()
Penguji : Novia Rita, ST, MT. ()
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 26 Desember 2019

Disahkan oleh:

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK


Dr.Eng.Muslim, M.T.

SEKRETARIS PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN


Novrianti, ST., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.



Pekanbaru, November 2019



Rahmat Ilhan Mansizs

NPM 153210379

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Novrianti, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng Muslim selaku Ketua Prodi dan serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu dengan kelancaran akademik.
3. Idham Khalid, S.T., M.T selaku Pembimbing Proyek Penelitian ini yang telah membimbing dan memberikan arah mengenai penelitian yang telah dibuat ini.
4. Orang Tua saya Ibuk Dewi Suprapti, S.Pd, Adik saya Fadel Muhammad, Kayla Arafah, dan Aisyah Effendi
5. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan semangat dan bantuan sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan perkuliahan ini.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Desember 2019

Rahmat Ilhan Mansizs

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | x |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xi |
| ABSTRAK | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG..... | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 3 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN..... | 3 |
| 1.4 MANFAAT PENELITIAN..... | 3 |
| 1.5 BATASAN MASALAH..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 <i>CLAY</i> | 5 |
| 2.1.1 Pengertian <i>Clay Illite</i> | 6 |
| 2.1.2 Komposisi <i>Clay Illite</i> | 7 |
| 2.1.3 Manfaat | 7 |
| 2.2 <i>BENTONITE</i> | 8 |
| 2.2.1 Pengertian <i>Bentonite</i> | 8 |
| 2.2.2 Komposisi <i>Bentonite</i> | 8 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2.2.3 | Manfaat | 9 |
| 2.3 | GEOLISTRIK | 10 |
| 2.3.1 | Metode Umum Geolistrik | 10 |
| 2.3.2 | Konfigurasi Metode Geolistrik | 13 |
| 2.3.3 | IP2WIN..... | 16 |
| 2.3.4 | Metode Perhitungan Cadangan..... | 17 |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1 | METODE PENELITIAN..... | 20 |
| 3.1.1 | Peralatan Penelitian | 20 |
| 3.1.2 | Cara Kerja..... | 21 |
| 3.2 | JADWAL PENELITIAN | 22 |
| 3.3 | ALUR PENELITIAN..... | 24 |
| 3.4 | TEMPAT PENELITIAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA..... | 25 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN..... | 26 |
| 4.1 | <i>CLAY ILLITE</i> | 26 |
| 4.2 | LOKASI PENELITIAN..... | 27 |
| 4.3 | INTEPRETASI DATA GEOLISTRIK..... | 28 |
| 4.2.1 | Titik Penyelidikan 1 | 31 |
| 4.2.2 | Titik Penyelidikan 2..... | 32 |
| 4.2.3 | Titik Penyelidikan 3..... | 34 |
| 4.2.4 | Titik Penyelidikan 4..... | 35 |
| 4.4 | MODEL LITOLOGI..... | 36 |
| 4.5 | KORELASI <i>CROSS-SECTION</i> | 38 |
| 4.5.1 | Korelasi Titik 1 dan Titik 2 | 39 |
| 4.5.2 | Korelasi Titik 2 dan Titik 3 | 40 |
| 4.5.3 | Korelasi Titik 3 dan Titik 4 | 41 |

| | | |
|---|--|----|
| 4.5.4 | Korelasi Titik 1 dan Titik 4 | 42 |
| 4.6 | ESTIMASI VOLUME | 44 |
| 4.6.1 | Estimasi Volume dengan Metode Luas Rata-rata..... | 44 |
| 4.6.2 | Estimasi Volume dengan <i>Software Autocad</i> | 45 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 47 |
| 5.1 | KESIMPULAN | 47 |
| 5.2 | SARAN | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 48 |
| LAMPIRAN | | 51 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Susunan Elektroda pada Geolistrik..... | 11 |
| Gambar 2. 2 Bentuk Pola Injeksi Geolistrik..... | 11 |
| Gambar 2. 3 Konfigurasi Wenner..... | 14 |
| Gambar 2. 4 Konfigurasi Schlumberger..... | 14 |
| Gambar 2. 5 Konfigurasi Dipole-Dipole..... | 16 |
| Gambar 2. 6 Hasil Kurva dan Tabel IP2WIN..... | 17 |
| Gambar 2. 7 Contoh Bentuk Objek 3D pada AutoCad..... | 19 |
| Gambar 2. 8 Hasil Commend Volume objek 3D..... | 19 |
| Gambar 3. 1 Gambar Peralatan Geolistrik..... | 21 |
| Gambar 3. 2 Alur Penelitian..... | 24 |
| Gambar 4. 1 SEM-EDX Clay Illite..... | 27 |
| Gambar 4. 2 Peta Geologi Pekanbaru..... | 28 |
| Gambar 4. 3 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 1..... | 31 |
| Gambar 4. 4 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 2..... | 32 |
| Gambar 4. 5 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 3..... | 34 |
| Gambar 4. 6 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 4..... | 35 |
| Gambar 4. 7 Litologi Tegak..... | 37 |
| Gambar 4. 8 Peta Titik Penyelidikan..... | 38 |
| Gambar 4. 9 Cross-section litologi titik 1 dan 2..... | 39 |
| Gambar 4. 10 Cross-section Titik 2 dan Titik 3..... | 40 |
| Gambar 4. 11 Korelasi Titik 3 dan Titik 4..... | 41 |
| Gambar 4. 12 Cross-section Titik 1 dan Titik 4..... | 43 |
| Gambar 4. 13 Model Litologi 3D Sederhana..... | 44 |
| Gambar 4. 14 Model 3D AutoCad Lapisan Tipis..... | 46 |
| Gambar 4. 15 Model 3D Autocad Lapisan Tebal..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Komposisi Clay Illite | 7 |
| Tabel 2. 2 Kandungan Kimia pada Bentonite | 8 |
| Tabel 3. 1 Tabel Jadwal Penelitian..... | 23 |
| Tabel 4.1 Komposisi Clay Illite | 26 |
| Tabel 4. 2 Tahanan Jenis Batuan..... | 30 |
| Tabel 4. 3 Perbedaan Kontras Tahanan Jenis Batuan..... | 30 |
| Tabel 4. 4 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 1 | 32 |
| Tabel 4. 5 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 2 | 33 |
| Tabel 4. 6 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 3 | 35 |
| Tabel 4. 7 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 4 | 36 |
| Tabel 4. 8 Perhitungan Volume dan Berat Lapisan Tipis | 45 |
| Tabel 4. 9 Perhitungan Volume dan Berat Lapisan Tebal..... | 45 |

DAFTAR LAMPIRAN

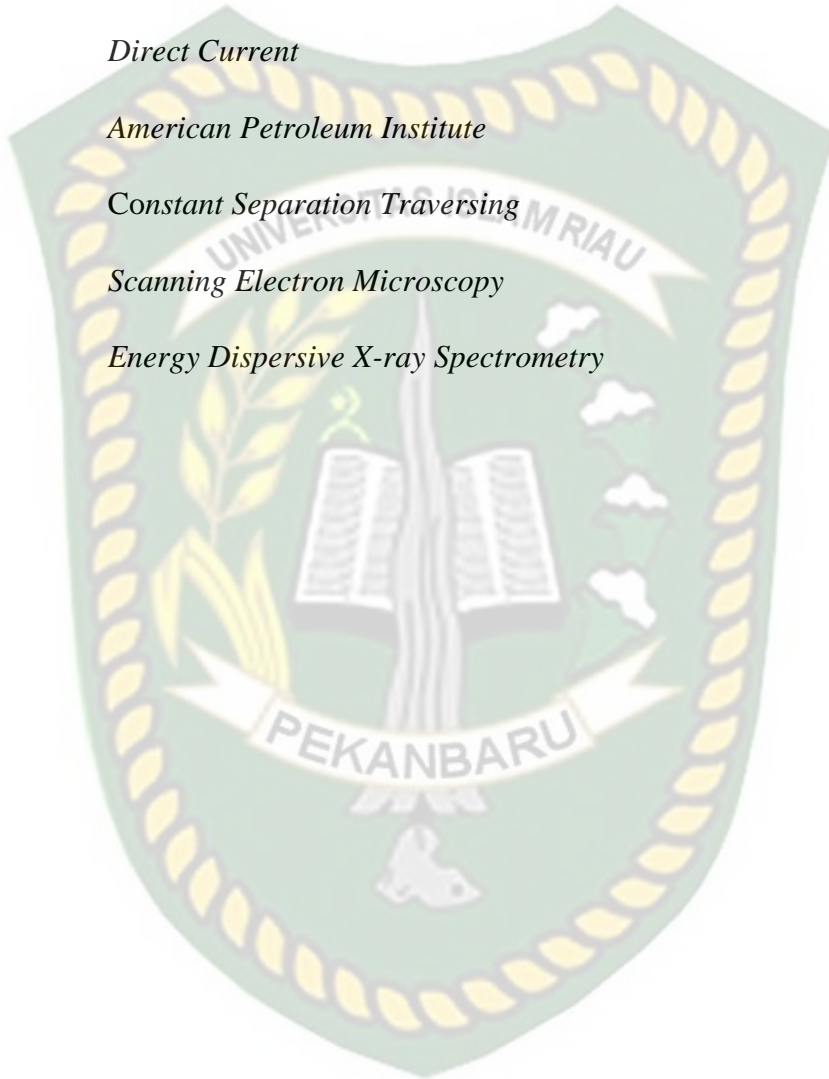
| | |
|---|----|
| LAMPIRAN I Form Data Geolistrik..... | 51 |
| LAMPIRAN II Data Perhitungan Resistivitas | 55 |
| LAMPIRAN III Kegiatan Survei Geolistrik | 57 |
| LAMPIRAN IV Peta Geologi Kota Pekanbaru..... | 58 |



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-----|---|
| VES | <i>Vertical Electrical Sounding</i> |
| AC | <i>Alternating Current</i> |
| DC | <i>Direct Current</i> |
| API | <i>American Petroleum Institute</i> |
| CST | <i>Constant Separation Traversing</i> |
| SEM | <i>Scanning Electron Microscopy</i> |
| EDX | <i>Energy Dispersive X-ray Spectrometry</i> |



IDENTIFIKASI POTENSI CADANGAN *CLAY ILLITE* PADA DAERAH SUMATERA BAGIAN TENGAH DENGAN MENGGUNAKAN ALAT GEOLISTRIK UNTUK LUMPUR PEMBORAN

RAHMAT ILHAN MANSIZS

153210379

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan kebutuhan *bentonite* yang cukup tinggi, namun Indonesia sendiri tidak mampu memanfaatkan potensi yang ada dan masih mengimpor produk dari luar negeri, berdasarkan peta geologi dan penelitian sebelumnya bahwa pada daerah Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau memiliki potensi *clay illite* sebagai pengganti *bentonite* yang berguna untuk *weighting agent* pada lumpur pemboran yang memiliki komposisi hampir sama dengan komposisi yang dimiliki *bentonite*.

Mengatahui potensi *clay illite* tersebut dilakukan penyelidikan geolistrik menggunakan metode konfigurasi *Schlumberger* atau biasa disebut *Vertical Electrical Sounding* yang terdiri dari 4 titik penyelidikan pada daerah seluas 19.873 m², sehingga dari penyelidikan geolistrik tersebut dapat menghasilkan data resistivitas batuan, ketebalan batuan, dan kedalaman batuan yang diolah datanya menggunakan *software IP2WIN* dan menghitung metode volume dari potensi *clay illite* menggunakan metode Luasan rata – rata dan menggunakan *software AutoCad*.

Hasil survei geolistrik ini menunjukkan adanya lapisan *clay illite* yang terbagi menjadi 2 bagian yaitu, lapisan tipis dan lapisan tebal. potensi *clay illite* mendapatkan hasil dengan metode luasan rata-rata tersebut untuk lapisan tipis sebesar 41671,2 Ton dan lapisan tebal sebesar 667695,5 Ton dengan total seluruh *clay illite* 709366,7 Ton. Hasil potensi *clay illite* dari hasil *software AutoCad* didapatkan lapisan tipis sebesar 48.921,73 Ton dan untuk lapisan tebal sebesar 757.735,18 Ton dengan total keseluruhannya ialah 806.656,9 Ton

Kata Kunci : Survei, Potensi, *Bentonite*, *Clay Illite*, Geolistrik

**IDENTIFY POTENTIAL OF CLAY ILLITE RESERVES IN CENTRAL
SUMATERA REGION USING GEOELECTRICAL EQUIPMENT FOR
DRILLING MUD**

RAHMAT ILHAN MANSIZS

153210379

ABSTRACT

Indonesia is a country with the need for bentonite is quite high, but Indonesia itself is not able to exploit the existing potential and still import products from abroad, based on geological map and previous research that in the Desa badak, Sail, Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau has the potential of clay illite in lieu of bentonite which is useful for weighting agents in drilling mud that has a composition almost identical with the composition of bentonite.

To understand the potential of clay Illite is conducted geoelectrical investigation using Schlumberger configuration method or commonly called Vertical Electrical Sounding consisting of 4 points of inquiry on an area of 19,873 m², so from The Geoelectrical investigation can produce rock resistivity, rock thickness, and the depth of rock that is processed data using IP2WIN Software and calculates the volume method of potential clay Illite using mean-area method and use AutoCad software.

The results of this geoelectrical survey showed a layer of clay illite divided into 2 parts, namely, a thin layer and a thick layer. Potential clay illite get results with such mean-area method for a thin layer of 41671.2 tons and a thick layer of 667695.5 tons with a total of whole clay illite 709366.7 tons. Results of the potential of clay illite from the results of AutoCad software obtained a thin layer of 48,921.73 tons and for a thick layer of 757,735.18 tons with a total overall is 806,656.9 Ton

Keywords : *Survey, potency, Bentonite, Clay Illite, Geoelectrical*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan mineral yang cukup besar yang tersebar di seluruh nusantara, kondisi geografis Indonesia yang terletak di jalur gunung api, hal ini membuat Indonesia kaya akan sumber daya mineral dan energi yang merupakan sector utama yang berperan untuk pembangunan Indonesia. *Bentonite* merupakan mineral yang terkelompok dalam tanah lempung yang sangat banyak digunakan sebagai bahan penunjang di dunia industri, terutama di industri perminyakan. *Bentonite* merupakan salah satu jenis *Clay* (lempung) terbentuk akibat abu gunung api (*vulcanic ash*) proses pembekuan yang terjadi karena faktor kondisi hidrotermal membuat *bentonite* memiliki warna dan tekstur yang sama, bisa jadi berbeda komposisi kimianya dengan *bentonite* di lokasi yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh kombinasi *clay* material partikel halus dengan pengotor yang ada.

Berdasarkan data (*Index Mundi*), bahwa perkiraan produksi *Bentonite* di dunia pada tahun 2013 sebesar 12.040.000 *metric tons*, dengan produksi tertinggi berada di Amerika Serikat sebesar 4.350.000 *metric tons*. Indonesia tergolong sebagai negara dengan produksi yang rendah yaitu hanya memproduksi *bentonite* sebesar 6000 *metric tons* pada tahun 2015 (USGS, 2018). Pada jurnal (Shaw, 2015), pada tahun 2015 didapatkan bahwa produksi *Bentonite* dunia pada tahun 2014 mengalami peningkatan produksi sebesar 17.510.000 *metric ton*, sedangkan kebutuhan *Bentonite* seluruh dunia sendiri sebesar 20.430.000 *metric ton*, dengan peningkatan permintaan dunia dari tahun sebelumnya sebesar 2%.

Menurut Penelitian (Agus Hari Wahyudi, 2014) pada tahun 2014 di Dusun Tetelan, Desa Klepu, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, ditemukan cadangan *Bentonite* seluas 430.57 m². Riau merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi *Bentonite*. Berdasarkan data (Suherman, 2009) pada daerah Kampar ditemukan cadangan sebesar 15.750.000 m³ dan Indragiri Hulu sebesar 9.700.000 m³ dan menurut (Zulfikar & Sutisna, 2003) bahsawannya

didapat *bentonite* tersebut dapat digunakan untuk lumpur pemboran tetapi dengan penggantian unsur Ca menjadi Na, namun potensinya belum direka.

Potensi *Bentonite* di Indonesia belum dikelola secara maksimal sehingga kebutuhan nasional mengalami defisit sebesar 20% (Panjaitan, 2010). *Bentonite* yang kita gunakan saat ini masih menggunakan *Bentonite* yang diimpor dari luar Indonesia, hal ini dikarenakan permintaan yang bergantung pada industri kelapa sawit, minyak bumi, dan daya impor *Bentonite* pada industri tersebut masih tinggi terutama pada bahan dasar lumpur pemboran yang dimana dibutuhkan tipe jenis *Na-Bentonite*, mengakibatkan *Bentonite* lokal kalah secara kompetitif di pasar internasional.

Bentonite biasanya digunakan pada *water-based mud* karena lebih alami untuk sumur konvensional dimana sumur ini masih menjadi mayoritas di Indonesia (Kanna et al., 2017) karena di Indonesia sendiri didominasi oleh *bentonite* berjenis *Ca-Bentonite* yang dimana kurang baik untuk lumpur pemboran. (Vitanesa, Nardo Purba, Lesbani, & Said, 2017) Menurut (Shaw, 2015) tahun 2015 kebutuhan *Bentonite* untuk lumpur pemboran nomor 4 terbesar setelah industri pengecoran logam sebesar 11% dengan peningkatan permintaan setiap tahunnya 3-4%.

Desa Badak merupakan salah satu daerah di Pekanbaru. Berdasarkan survey yang dilakukan dan menurut (Nasir, Lilly, & Enikarmila, 2014), daerah ini memiliki jenis tanah lempung, sehingga membuat daerah tersebut memiliki industri batu bata. Pada penelitian (Putra Akbar, 2018) tahun 2018 didapatkan bahwa desa tersebut memiliki *clay* dengan jenis *clay illite*. *Clay illite* yang dapat berfungsi sebagai pengganti *Bentonite* pada lumpur pemboran yang memiliki komposisi utama yang hampir sama dengan bentonite yaitu K, Na, Ca, dan Al, namun dengan syarat penambahan zat NaOH atau NaCO₃ karena pada *clay illite* sendiri tidak memiliki unsur Na, oleh karena itu potensi *clay illite* lokal harus lebih dimanfaatkan.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti ingin melakukan penelitian bagaimanakah potensi cadangan *Bentonite* dan bentuk persebaran *Bentonite* yang dapat digunakan untuk lumpur pemboran dari daerah Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana potensi *clay illite* sebagai pengganti *bentonite* di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui potensi *clay illite* di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau untuk bahan dasar lumpur pemboran.
2. Untuk mengetahui ketebalan lapisan *clay illite* dengan menggunakan metode Geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES) pada titik yang telah ditentukan.
3. Menganalisis potensi ketebalan *clay illite* pada desa badak menggunakan *software* IP2WIN dan *AutoCad*.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

1. Berguna untuk mengetahui potensi *clay illite* yang berada di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau serta dapat menjadi ilmu mengenai survei geolistrik.
2. Dengan dilaksanakannya penelitian ini dapat diharapkan menjadi sumber referensi bagi penelitian yang terkait, dan dapat publikasi ilmiah berupa paper dan jurnal
3. Membuka informasi mengenai potensi tambang *clay illite* untuk bahan dasar lumpur pemboran selain untuk membuat batu – bata bagi warga sekitar

1.5 BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini terarah, maka dalam pembahasan difokuskan pada identifikasi potensi *Bentonite* pada Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau dengan titik penyelidikan yang telah ditentukan berupa identifikasi potensi *clay illite* dengan alat Geolistrik dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) atau biasa disebut metode *schlumberger* untuk lumpur pemboran, dan tidak membahas keekonomian *clay illite*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Al-Quran juga menjelaskan bagaimana mengenai sumber daya untuk hambanya yang dimana dijelaskan pada (QS. Al-A'raaf:10) yang dimana artinya sebagai berikut :

Terjemahnya:“Sesungguhnya kami telah menempatkan kamu sekalian di muka bumi dan kami adakan bagimu di muka bumi (sumber) penghidupan. Amat sedikitlah kamu bersyukur”. (QS. Al-A'raaf:10)

Menurut tafsir Ibnu Katsir Allah swt berfirman mengingatkan hamba-Nya, bahwa Allah swt telah menjadikan bumi sebagai tempat tinggal, dan ada di dalamnya Allah menciptakan gunung-gunung, sungai-sungai dan rumah tempat tinggal. Allah membolehkan mereka mengambil berbagai manfaat yang ada padanya, memperjalankan bagi mereka awan untuk mengeluarkan rizki dari bumi tersebut. Dan di bumi itu juga Allah menjadikan bagi mereka sumber penghidupan dan berbagai macam sarana berusaha dan berdagang bagi mereka

2.1 CLAY

Menurut buku yang dibuat oleh (Huggett, 2015) *Clay* atau lempung merupakan kelompok mineral penyusun pada batuan sedimen, dengan jumlah hampir 40%. Lempung terdapat pada batuan panas akibat dari proses pelapukan yang menyebabkan terbentuknya butir-butiran halus, ukuran dari butiran lempung tersebut berkisar 0.002 mm – 0.004 mm. *Clay* tersebut digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu *kaolinite*, *smectites* atau *montmorillonite*, dan *illite*.

Kaolinite merupakan *clay* yang paling murni, *clay* ini tidak dapat menyerap air, yang sering digunakan dalam pembuatan keramik. *Kaolinite* memiliki struktur dasar yang terkandung didalamnya *dickite*, *nacrite* dan *halloysite* Rumus struktural dari kaolinite adalah $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ dan komposisi kimia secara teoritis yaitu $SiO_2 = 46,54 \%$, $Al_2O_3 = 39,50 \%$ dan $H_2O = 13,96 \%$, serta dari hasil penelitian yang dibuat oleh Ahmed dan teman – teman (Ahmed, Tantawy, Abdallah, & Qassim, 2015) mendapatkan hasil komposisi kimianya dengan nilai Al 34.96 %, Si 50.965 %, P 5.54 %, K 0.765 %, Ca 0.235 %, Ti 1.62

%, Fe 1.945 %, Cu 2.13 %, Zn 1.845 % dengan pemanasan temperature 750°C selama 5 jam.

Menurut penelitian yang telah dibuat (Gaudette, 1964) *Illite* merupakan *non-expanding* clay, memiliki struktur yang mirip dengan *muscovite*, tetapi biasanya kekurangan alkali, dengan substitusi Al yang lebih sedikit untuk Si. *Illite* memiliki unsur kimia sebagai berikut $KyAl^4(Si_{8-y},Al_y)O^{20}(OH)^4$, yang terbentuk dari pelapukan batuan yang memiliki kandungan kaya K atau Al dibawah kondisi pH yang tinggi. Oleh karena itu *illite* sebagian terbentuk dari alterasi mineral seperti *muscovite* dan *feldspar*.

Montmorillinite ialah komposisi utama dari *bentonite* berasal dari pelapukan abu vulkanik. Montmorillinite dapat mengembang beberapa kali lipat volume aslinya saat bersentuhan dengan air daripada menggunakan minyak, karena kemampuan minyak tidak dapat bereaksi ataupun clay menyerap minyak (Fitrianti, 2012). Ini membuatnya berguna sebagai lumpur pengeboran (untuk membuat lubang bor tetap terbuka), dan untuk menyumbat kebocoran di tanah, batu, dan bendungan.

2.1.1 Pengertian Clay Illite

Nama *illite* pertama kali diberikan oleh Grim, Bray, dan Bradley pada tahun 1937 untuk mineral *mica-type* yang terjadi pada endapan argilase. Secara khusus *illite* dinyatakan bahwa istilah tersebut tidak diusulkan sebagai nama mineral, tetapi hanya istilah umum sebagai penyusun mineral lempung dari endapan argilase. (Gaudette, 1964)

Illite pada dasarnya adalah nama grup untuk mineral mikro yang tidak meluas, berukuran tanah liat, dioctahedral. Secara struktural mirip dengan muskovit karena unit dasarnya adalah lapisan yang terdiri dari dua lembar tetragonal silika yang mengarah ke dalam dengan lembaran oktahedral pusat. Namun, *illite* memiliki rata-rata sedikit lebih banyak Si, Mg, Fe, dan air dan sedikit tetrahedral Al dan interlayer K daripada *muscovite* (Bailey, 1980). Kekuatan interlayer yang lebih lemah yang disebabkan oleh kation interlayer yang lebih sedikit pada *illite* juga memungkinkan lebih banyak variabilitas dalam cara menumpuk. Glauconite adalah anggota kaya besi hijau dari grup ini.

Muscovite Illite, yang merupakan mineral lempung dominan di bebatuan argillaceous, terbentuk oleh pelapukan silikat (terutama feldspar) menurut pernyataan dari penelitian yang ada (Gaudette, 1964), melalui perubahan mineral lempung lainnya, dan selama degradasi muscovite. Formasi *illite* umumnya disukai oleh kondisi alkali dan oleh konsentrasi tinggi Al dan K. *Glauconite* terbentuk secara autigenik di lingkungan laut dan terjadi terutama dalam bentuk pelet. *Clay Illite* memiliki sifat sebagai *non-expanding clay* atau lempung yang tidak dapat mengembang jika bertemu dengan air.

2.1.2 Komposisi Clay Illite

Clay Illite memiliki komposisi kimia Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , dan C sebagai unsur pembentuk utama. Menurut hasil penelitian (Khalid, Novrianti, & Melysa, 2018) dapat dilihat komposisi *clay illite* yang ada di Pekanbaru sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Komposisi Clay Illite

| Sampel/ Location | MgO % | Al_2O_3 % | SiO_2 % | C % | CaO % | TiO 2 % | Fe_2O_3 % | C % | CuO % | Na2O % | K2O (%) |
|-------------------------------------|----------|----------------|--------------|-------|----------|------------|----------------|-------|----------|-----------|------------|
| <i>Illit Fe-rich (Mid-Sumatra)</i> | 0.66 | 28,08 | 49.3 | 3.02 | ND | 1.13 | 1.18 | 14.52 | 1.43 | ND | ND |
| <i>Illite Platy (Mid-Sumatera)</i> | ND | 25,41 | 46.78 | 20,73 | ND | 0.85 | 3.15 | 20.73 | 1.41 | ND | 1.67 |

2.1.3 Manfaat

Manfaat dari *clay illite* ini menurut penelitian (Nugroho Indra, 2018) dengan penambahan zat aditif $NaCO_3$ dapat berperan sebagai *Weighting Agent* pada lumpur pemboran dan juga dapat meningkatkan nilai viskositas dimana pada peningkatan tersebut dapat berperan penting dalam karena dapat mendinginkan mata bor pada saat proses pemboran sehingga larutan dengan viskositas yang besar akan terbentuk. Larutan yang terbentuk berfungsi untuk membersihkan lubang sumur serta membentuk pelindung dinding lubang sumur agar tidak jatuh, serta dapat sebagai alternatif *bentonite* umum yang sering dipakai untuk lumpur pemboran.

2.2 BENTONITE

2.2.1 Pengertian *Bentonite*

Bentonite ialah mineral yang berasal dari sebuah kota yaitu Ford Benton Wyoming di Amerika Serikat yang diberi sebagai nama lempung (*clay mineral*), karena lempung yang pertama kali pada daerah tersebut memiliki sifat yang berbeda dengan lempung yang ditemukan pada daerah dengan lempung yang ditemukan sebelumnya (Grim, 1953). Keunikan sifat *Bentonite* kemampuan untuk mengembang dan membentuk koloid jika dimasukkan ke dalam air.

Bentonite adalah salah satu mineral alumina silikat hidrat yang tergolong dalam pilosilikat/silikat berlapis dengan jaringan *tetrahedral* $(\text{SiO}_4)^{2-}$ yang terikat dengan bidang yang tak hingga, sehingga membentuk jaringan anion $(\text{SiO}_3)^{2-}$ dengan perbandingan Si/O ialah 2/5. Rumus kimia umum *Bentonite* adalah $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. 85 % kandungan *Bentonite* ialah montmorilonit. (Megawati Aviantari, 2008). Bentonite sendiri terdiri dari dua jenis yaitu *Na-Bentonite* (*Swelling Bentonite*) dan *Ca-Bentonite* (*Non-Swelling Bentonite*)

2.2.2 Komposisi *Bentonite*

Unsur – unsur kimia yang terkandung dalam bentonite dapat dilihat pada Tabel 2.2. (Ombaka, 2016)

Tabel 2. 2 Kandungan Kimia pada Bentonite

| Senyawa | Na-Bentonite (%) | Ca-Bentonite (%) |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| SiO ₃ | 61.3-61.4 | 62.12 |
| Al ₂ O ₃ | 19.8 | 17.33 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.9 | 5.3 |
| CaO | 0.6 | 3.68 |
| MgO | 1.3 | 3.30 |
| Na ₂ | 2.2 | 0.5 |
| K ₂ O | 0.4 | 0.55 |
| H ₂ O | 7.2 | 7.22 |

Partikel *Bentonite* memiliki muatan negatif dengan kation yang dapat ditukar dan terikat lemah seperti Na, Ca, Mg, dan K, sehingga membuat *bentonite*

dapat memisahkan logam berat dari air, dan melakukan mekanisme pertukaran ion yang dapat memisahkan senyawa organik kationik.

2.2.3 Manfaat

A. Na-Bentonite (*sodium Bentonite*)

Fungsi Na-Bentonite sebagai lumpur pemboran adalah :

- Meningkatkan daya suspensi air pembilas;
- Pelumas dan pendingin mata bor.
- Penahan serpihan pemboran agar tidak mengendap baik dalam kondisi pemboran dihentikan.
- Sebagai penahan tali bor yang dimana semakin bertambahnya kedalaman/Panjang stang bor semakin beratnya rangkaiannya.
- Mempertahankan tekanan air, gas dan minyak yang keluar dari batuan yang ditembus dan mencegah masuknya kembali fluida ke batuan.
- Sebagai pencegah runtuhnya dinding lubang bor dengan menjadi penguatan/ penahan lapisan.

Bentonite yang digunakan untuk lumpur pemboran harus memiliki sifat yang disesuaikan standar API seperti RP 29, RP 13B, dan dari OCMA

B. Ca-Bentonite (*kalsium Bentonite*)

Ca-Bentonite berbeda dengan Na-Bentonite karena tidak ada adanya ion Na^+ dalam suatu sel pada kisi kristal montmorilonit sehingga membuat Ca-bentonite tidak memiliki sifat mengembang yang cukup baik. Penggunaan Ca-bentonite hamper sama dengan penggunaan lempung yang tergolong pada *fuller, s earth*, yaitu untuk lumpur pemboran, minyak goreng, obat – obatan kimia, keramik, kertas, pencuci, pembersih minyak dan lainnya, terutama untuk pembuatan soidum *Bentonite* sintetis, serta bahan baku untuk lempung aktif.

Pembuatan sodium *bentonite* dengan menggunakan Ca-bentonite lebih menguntungkan dibanding lempung lain, kecuali lempung asam, terutama dalam proses penggerusan, penyaringan, dan pengeringan. Proses pertukaran ion pada Ca-bentonite itu terbilang baik sehingga menghasilkan bahan pemutih sintetis *precipitated calcium carbonate (PCC)* sebagai produk sampingan. Bahan yang

digunakan dalam pembuatannya memiliki kelembapan $\pm 33\%$ dengan ukuran butir 5 cm, dan dikeringkan sampai kelembapan 3 – 10 %, lalu dilanjutkan dengan penggerusan ukuran butir hingga 90 – 100 mesh.

2.3 GEOLISTRIK

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik terhadap batuan di bawah permukaan dan bagaimana cara menginterpretasikan aliran listrik tersebut di permukaan bumi. Tempat aliran arus listrik di bawah tanah ialah melewati batuan – batuan yang dipengaruhi oleh adanya air bawah tanah serta garam yang terkandung pada batuan, juga dipengaruhi oleh adanya panas yang tinggi maupun logam. Oleh karena itu pengukuran yang dilakukan ialah pengukuran arus, potensial, dan medan elektromagnetik baik terjadi secara alami ataupun disebabkan oleh injeksi arus listrik ke bawah tanah. (Reynolds, 2011)

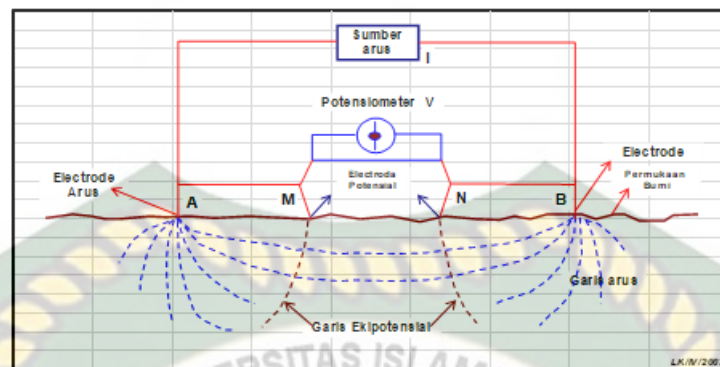
Dari berbagai macam geolistrik, pada penelitian ini menggunakan geolistrik tahanan jenis atau resistivitas. Metode ini ditujukan untuk mengetahui sifat kelistrikan pada medium atau batuan formasi di bawah permukaan, terutama dengan kemampuan mengantarkan dan menghambat listrik, dengan itu dapat diketahui sifat kelistrikan terhadap batuan. Metode ini digunakan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke bawah permukaan tanah melalui dua buah elektroda arus listrik dan dua buah elektroda potensial dengan konfigurasi – konfigurasi yang ingin digunakan.

2.3.1 Metode Umum Geolistrik

Geolistrik merupakan survei geofisika berdasarkan sifat fisika batuan. Proses ini dengan cara mengalirkan arus listrik *Direct Current* (DC) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah untuk melihat perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah. Penyelidikan geolistrik dilakukan dengan melihat sifat fisika batuan terhadap arus listrik, dengan prinsip setiap batuan yang berbeda memiliki nilai tahanan jenis yang berbeda pula.

Resistivitas batuan yang ada di lapangan dapat diukur secara tidak langsung dengan mengukur arus listrik dalam tanah dengan menggunakan 2 titik

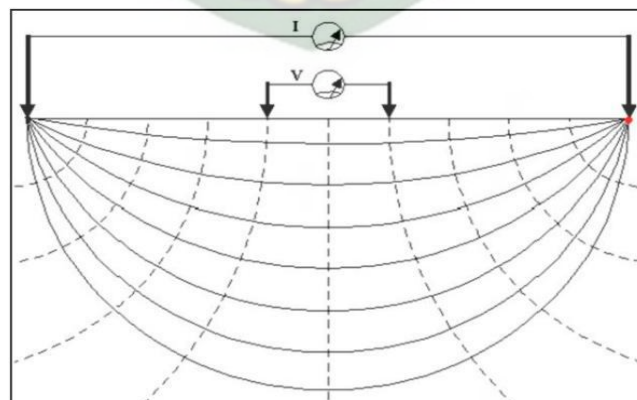
elektroda di permukaan tanah, lalu beda potensial antara 2 titik tersebut diukur dipermukaan.



Gambar 2. 1 Susunan Elektroda pada Geolistrik

Arus listrik yang terjadi akan menimbulkan adanya tegangan listrik didalam tanah, tegangan tersebut dapat diukur dengan memakai multimeter yang terhubung dengan 2 titik elektroda tegangan pada titik M dan N, dengan jarak yang lebih kecil dibandingkan titik elektroda A dan B. Semakin besar jarak titik elektroda A dan B akan mengakibatkan arus yang mengalir menjadi lebih dalam, dan menyebabkan memberikan hasil pada elektoda M dan N yang akan berbeda pula.

Elektroda A dan B disebut elektroda arus, sedangkan elektroda M dan N disebut elektroda tegangan (potensial elektroda). Kedalaman lapisan bantuan yang dapat ditembus oleh arus listrik ini sama dengan setengah dari jarak AB ($AB/2$), maka dari itu dapatbahwa dapat diasumsikan pengaruh dari aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari bola $AB/2$.



Gambar 2. 2 Bentuk Pola Injeksi Geolistrik

Aliran dan tegangan listrik yang terbentuk akan bernilai suatu harga, yaitu *Apparent Resistivity* (tahanan semu) karena hasil tahanan jenis yang tertera merupakan gabungan dari beberapa lapisan batuan yang teraliri listrik yang ada. Hasil pengukuran yang terbaca dapat dibuat sebuah grafik pada grafik logaritmik, dimana sumbu-x diwakilkan oleh jarak $AB/2$ dan sumbu-y diwakilkan oleh *Apparent Resistivity*, dimana grafik yang terbentuk dapat dihitung dan diperkirakan sifat lapisan batuanya.

Pada elektroda arus AB dipindahkan sesuai dengan jarak yang ditentukan, sedangkan potensial dari arus MN hanya dapat dipindahkan pada jarak tertentu dengan syarat $MN/2 \geq 1/5$ jarak $AB/2$. Maka dari itu jarak elektroda yang didapatkan pada setiap pengukuran akan menggunakan hukum *Ohm* sebagai dasar penyelidikan untuk memperoleh nilai tahanan jenis semu, untuk rumus memperoleh harga tahanan jenis semua dapat ditulis sebagai berikut :

$$\rho_a = \frac{\pi}{2(MN)} \left[\left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2 \right] \frac{\Delta V}{I}$$

dapat ditulis juga sebagai berikut :

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad \dots(1)$$

Keterangan :

- ρ_a = Tahanan jenis semu
- K = Konstanta faktor geometrik,
($K = \pi \cdot \{ (AB/2)^2 - (MN/2)^2 \} / MN$)
- ΔV = Beda potensial yang diukur (volt)
- I = Besar arus yang digunakan (Ampere)
- AB = Jarak elektroda arus AB (meter)
- MN = Jarak elektroda potensial MN (meter)

2.3.2 Konfigurasi Metode Geolistrik

Metode geolistrik memiliki macam – macam konfigurasi, yang terdiri dari konfigurasi *wenner* dan *schlumberger* dimana pada konfigurasi ini memiliki 4 buah elektroda yang disusun pada garis lurus dengan elektroda MN sebagai titik pusat ditutupi oleh elektroda AB, Konfigurasi – konfigurasi tersebut memiliki formula perhitungannya sendiri untuk mendapatkan nilai resistivitas dan tebal batuan di bawah permukaan. Konfigurasi *schlumberger* merupakan konfigurasi favorit, dimana paling banyak digunakan di dunia, untuk penyelidikan bawah tanah dengan biaya operasi yang relatif lebih murah dari konfigurasi lainnya.

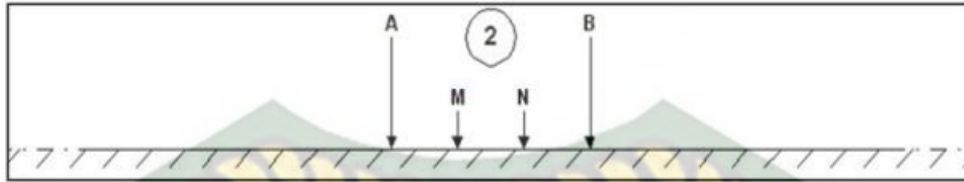
Lapisan batuan bersifat heterogen atau tidak selalu bersifat homogen sempurna. Lapisan batuan yang terletak dekat dengan permukaan tanah sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran karena membuat data geolistrik menjadi menyimpang dari nilai yang seharusnya. Fragmen batuan lain yang menyisip antar lapisan, faktor ketidakteraturan dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung pada jalan, genangan air, alat bawah tanah seperti pipa dan kabel bawah tanah yang dapat menghambat arus listrik, dan pagar kawat yang terhubung ketanah di sekitarnya dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan. Adanya tegangan listrik alami yang biasanya terdapat pada lapisan batuan akibat aliran penghantar secara kimiawi akan menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral batuan, dimana umumnya perbedaan tegangan ini relatif kecil.

Untuk mengatasinya tegangan listrik alami, sebaiknya alat multimeter *disetting* di tegangan listrik yang alami dan posisi awal pada multimeter dibuat pada angka nol. Maka dari itu arus yang diberikan oleh elektroda arus menghasilkan tegangan listrik yang benar, namun harus dengan syarat menggunakan multimeter yang memiliki impedansi tinggi.

2.3.3.1 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi *Wenner* memiliki keunggulan yaitu memiliki ketelitian yang lebih baik pada pembacaan tegangan di elektroda potensial/MN dengan nilai yang relatif besar, dikarenakan jarak elektroda arus/AB yang dekat dengan elektroda potensial, jadi tidak harus memerlukan alat multimeter dengan impedansi yang besar. Konfigurasi ini menggunakan 4 elektroda, 2 elektroda arus dan 2 elektroda

potensial dengan jarak elektroda harus sama atau biasa disebut *constant separation traversing* (CST), metode ini baik untuk menentukan variasi tahanan jenis secara horizontal (Hanggara Salah, 2015)

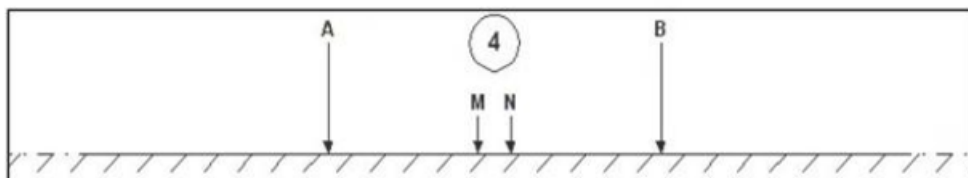


Gambar 2. 3 Konfigurasi Wenner

Namun konfigurasi wenner juga memiliki kekurangan yaitu tidak bisa mengetahui homogenitas batuan di dekat permukaan dimana berpengaruh pada hasil perhitungan. Data yang didapat dari konfigurasi ini memiliki faktor non-homogenitas yang sulit untuk dihilangkan sehingga berpengaruh pada perhitungan hasil yang tidak akurat, serta penyelidikan yang dilakukan tidak terlalu dalam. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Bahri, Rochman, Khoiridah, & Iswahyudi, 2015), didapatkan hasil penyelidikan menggunakan metode *wenner* untuk mengidentifikasi batuan gamping secara lateral dan dengan ketebalan rata-rata sekitar 50 m dari seluruh titik penyelidikan.

2.3.2.2 Konfigurasi *Schlumberger*

Konfigurasi *Schlumberger* biasanya sangat baik untuk *Vertical Electrical Sounding*. Pada konfigurasi ini menggunakan 4 elektroda, 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial, untuk konfigurasi jarak MN baik dibuat sekecil mungkin, karena jarak MN tidak memberi perubahan secara teorinya. Namun karena factor alat yang kurang peka, dilakukan penambahan jarak MN ketika AB relatif besar, perubahan jarak MN tidak melebihi $1/5$ jarak AB



Gambar 2. 4 Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi *schlumberger* sendiri masih memiliki kekurangan walaupun sudah banyak digunakan seperti kurang pekanya pembacaan pada elektroda MN ketika jarak AB sudah relatif lebar/besar, untuk mengatasi hal tersebut dapat diatasi dengan beberapa cara, yaitu menggunakan alat pengirim arus yang memiliki tegangan listrik DC yang sangat tinggi, dan selanjutnya bias menggunakan alat *multimeter* yang memiliki karakter *high impedance* dimana dapat membaca dengan akurasi yang lebih baik dengan pembacaan potensial minimal 2 hingga 4 digit di belakang koma.

Keunggulan yang didapat dari penggunaan konfigurasi ini ialah kemampuan untuk mendeteksi heterogenitas lapisan batuan dari permukaan, dengan cara perbandingan *apparent resistivity* ketika adanya perubahan jarak pada elektroda MN/2. Pembacaan nilai MN akan lebih baik jika jarak AB sudah relatif besar, hendaknya jarak MN ikut diperbesar juga.

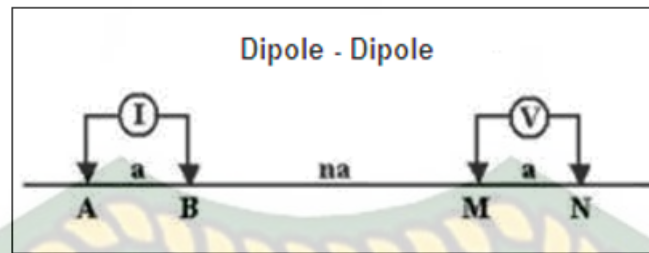
Konfigurasi *schlumberger* telah banyak digunakan untuk berbagai penyelidikan bawah tanah, seperti penelitian (Birlina, Darsono, & Legowo, 2013) dimana pada penelitian tersebut melakukan penyelidikan potensi air tanah, dimana hasil yang didapat air tanah tersebut memiliki potensi yang besar dengan ketebalan sekitar 30 m.

Berdasarkan penelitian (Purwasatriya, 2013) bertujuan mengidentifikasi cadangan potensi andesit menggunakan geolistrik konfigurasi *schlumberger*, dengan titik penyelidikan 14 titik dengan perkiraan luas wilayah penyelidikan 80.000 m². Pada penelitian ini menggunakan metode luasan rata – rata atau *mean area* untuk mendapatkan volume dari andesitnya tersebut, dimana luas daerah dibagi titik keseluruhan didapat luas titiknya 5.714 m² untuk setiap titiknya, lalu luas tersebut di kalikan ketebalan andesitnya. Total sumber daya yang didapatkan dari penelitian tersebut sebesar 5.072.354 ton.

2.3.2.3 Konfigurasi *Dipole-Dipole*

Dipole – dipole merupakan konfigurasi yang menggunakan 2 elektorda potensial dan 2 elektroda arus, dengan keseluruhan 4 elektroda. Dimana elektroda arus dipisah membentuk rangkaian sendiri dengan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial diwakili oleh *na*, dimana koefisien *n* dimaksud sebagai factor

pengali dari pemindahan elektroda potensial. Susunan *dipole – dipole* tersebut didapat nilai factor geometris.



Gambar 2. 5 Konfigurasi Dipole-Dipole

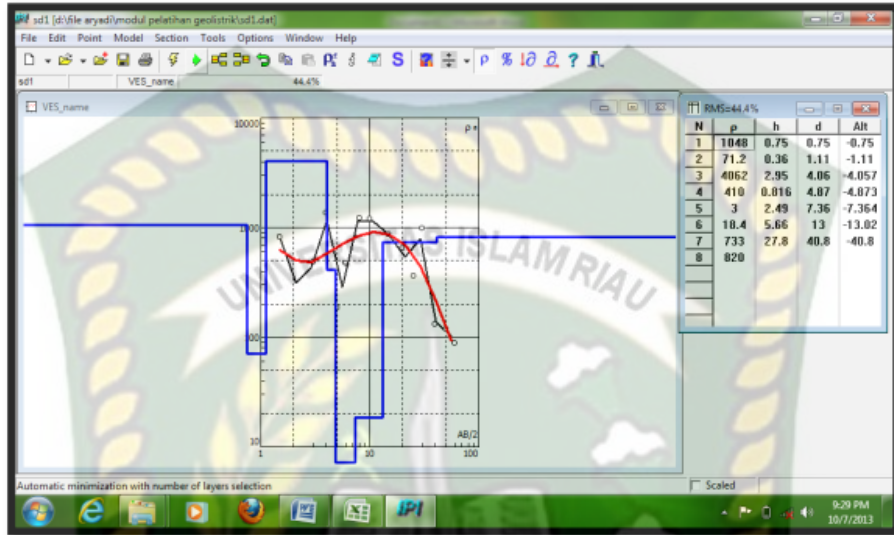
Konsep yang digunakan pada konfigurasi ini, menggunakan konfigurasi elektroda paling mendasar, yaitu sumber arus tunggal dan potensial diukur hanya pada satu titik. Konfigurasi ini sangat cocok digunakan untuk *mapping* atau pembacaan secara horizontal dan biaya yang dikeluarkan untuk konfigurasi ini tidaklah mahal, namun konfigurasi ini memiliki kualitas sinyal dan pembacaannya sangat buruk dan kurang begitu jelas.

Pada konfigurasi ini pernah digunakan untuk melakukan identifikasi mineral, seperti penelitian yang dibuat oleh (Agus Hari Wahyudi, 2014). Pada penelitian tersebut penulis mengidentifikasi potensi *bentonite* pada daerah klepu, dimana dari hasil penyelidikannya didapatkan pencitraan secara lateral dan potensi *bentonite* tersebut tidaklah terlalu besar dari seluruk titik penyelidikan

2.3.3 IP2WIN

IP2WIN merupakan *software* pengolahan *sounding* geolistrik 1 dimensi yang sangat umum digunakan. Menggunakan IP2WIN memiliki tahapan – tahapan, Tahapan pertama yang perlu dilakukan ialah menginput data yang telah didapatkan, lalu melakukan inversi grafik sesuai data input, lalu mengoreksi error seminimal mungkin, lalu pembuatan *cross-section*. Data yang diperlukan untuk menginput itu bisa menggunakan data langsung berupa $AB/2$, I , V , dan nilai K . Serta dapat juga data yang telah diolah di *excel* untuk diinput, data yang akan dihasilkan dari pengolahan IP2WIN berbentuk data *resistivity*, *log resistivity* terhadap nilai $AB/2$, *resistivity cross-section*, dan *pseudo cross-section*. Data olahan tersebut bisa di ekspor di berbagai format pilihan. Pada *software* IP2WIN

ini masih memiliki beberapa kekurangan seperti, masih cukup banyaknya error – error/bug kecil sehingga dalam proses pengolahan data program terkadang tertutup sendiri dan harus dilakukan restart program. Contoh gambar kurva yang dihasilkan seperti berikut :



Gambar 2. 6 Hasil Kurva dan Tabel IP2WIN

Dari gambar tersebut terdapat 3 kurva serta tabel yaitu kurva hitam merupakan kurva lapangan, kurva merah merupakan kurva model, dan kurva biru merupakan kurva inversi. Kurva inversi menggambarkan variasi tahanan jenis terhadap kedalaman dan ketebalan lapisan. Tabel tersebut memberikan nilai – nilai tahanan jenis, kedalaman, dan ketebalan.

2.3.4 Metode Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan merupakan sebuah langkah kuantifikasi formal terhadap suatu material yang keterdapatannya secara ilmiah. Cadangan sendiri terbagi menjadi beberapa bagian yaitu cadangan terkira dan cadangan terbukti. Cadangan terkira ialah sumberdaya mineral terunjuk dengan tingkat keyakinan geologinya masih rendah yang dimana tingkat kepercayaan sekitar 40 %. Sedangkan cadangan terbukti semua aspek dan faktor telah terpenuhi sehingga penambangan dapat dilaksanakan secara ekonomi, dengan tingkat kepercayaan 75%. Metode perhitungan dilakukan dengan 2 cara yang berbeda sebagai berikut :

a. Metode Luas rata-rata

Menurut penelitian (Purwasatriya, 2013) dimana pada penelitian tersebut peneliti menghitung menggunakan metode luas rata-rata atau *mean area* dengan luas daerah penyelidikan dibagi pada banyaknya titik penyelidikan lalu luas daerah titik penyelidikan tersebut dikali dengan ketebalan batuan sehingga didapatkan volumenya.

$$A_{avg} = A/n$$

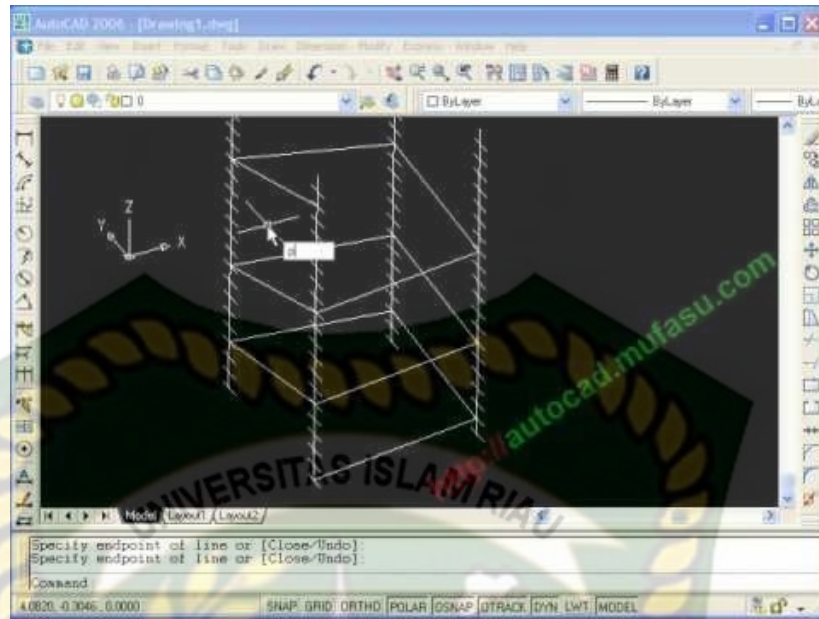
A_{avg} : Luas rata-rata
 A : Luas daerah penyelidikan
 n : Banyaknya titik penyelidikan

$$V = A_{avg} \times h$$

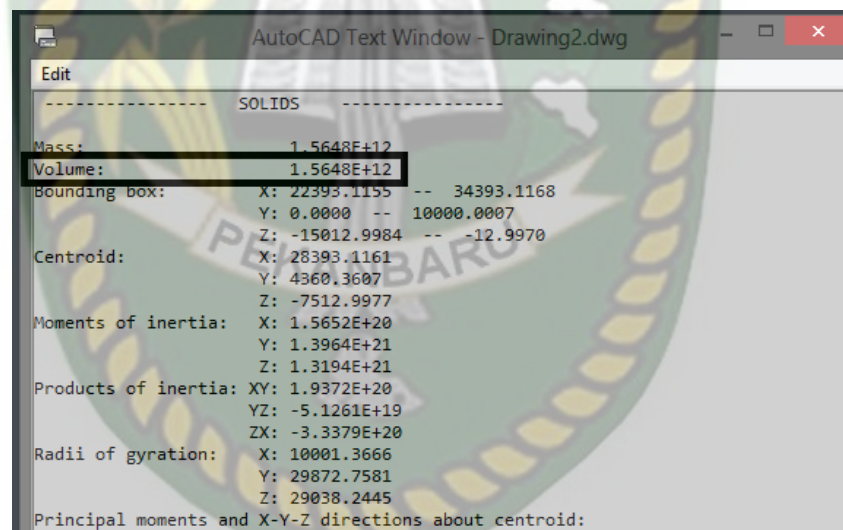
V : Volume
 A_{avg} : Luas rata-rata
 H : Ketebalan Batuan

b. Metode *Software AutoCad*

Metode menggunakan *software AutoCad* ini dapat digunakan untuk menentukan volume cadangan batuan dengan membuat sketsa 3 Dimensi dari batuan yang telah dilakukan penyelidikan dengan memanfaatkan data yang didapatkan yaitu koordinat, elevasi, ketebalan batuan, kedalaman batuan setiap titik penyelidikan tersebut, dari data tersebut dapat kita buat sketsa sehingga akan membentuk objek 3 dimensinya. Volume dari objek tersebut akan dapat dihitung volumenya dengan *command MASSPROP* perhitungan volume pada *AutoCad* tersebut.



Gambar 2. 7 Contoh Bentuk Objek 3D pada *AutoCad*



Gambar 2. 8 Hasil *Commend* Volume objek 3D

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada kasus permasalahan yang diangkat mengenai identifikasi potensi lapisan dan cadangan *Bentonite* di .Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. memerlukan metodologi penelitian yang tepat agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik, sebagai berikut.

3.1 METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang akan digunakan pada kasus ini ialah studi lapangan atau *case study*. Studi lapangan yang dilakukan berkaitan dengan judul yang dilakukan di suatu lapangan atau daerah, dimana untuk mengetahui bagaimana potensi di daerah tersebut, mengetahui bagaimana karakteristik dan lapisan *Bentonite* pada daerah tersebut.

3.1.1 Peralatan Penelitian

1. *ResistivityMeter*
2. Aki
3. Paku Elektroda (4 buah)
4. Kabel 400 m (4 roll)
5. Palu (3 buah)
6. Meteran (2 buah)
7. Payung
8. *Walkie-Talkie* (3 buah)
9. Alat Tulis
10. Laptop



Gambar 3. 1 Gambar Peralatan Geolistrik

3.1.2 Cara Kerja

a. Survey Geolistrik.

Survey geolistrik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode konfigurasi *Schlumberger* atau biasa disebut *Vertical Electrical Sounding*. Dengan spasi atau jarak yang telah ditentukan, dengan titik penyelidikan yang direncanakan 4 titik.

1. Menentukan posisi titik yang akan diteliti
2. Titik koordinat dicatat dengan menggunakan aplikasi di *smartphone*
3. Kabel dihubungkan ke *ResistivityMeter* baik di anoda dan katoda
4. Ujung kabel dililitkan pada paku elektroda, lalu ditanamkan di posisi yang ditentukan.
5. Pada alat ditekan tombol untuk mengalirkan listrik, lalu hasil yang didapat dicatat
6. Langkah diulangi pada beberapa jarak yang telah ditentukan seperti pada lampiran untuk nilai jarak yang akan diselidiki.

b. Pengolahan data

Pengolahan data survey geolistrik dihitung menggunakan *Ms Excel* untuk mendapatkan resistivitas semu, dan *software IP2WIN* untuk mendapatkan resistivitas sebenarnya, ketebalan, dan kedalaman berbentuk grafik (Fitrianto, Supriyadi, Taufiq, Mukromin, & Wardana, 2018). Lalu data tersebut diolah menggunakan *photoshop* dan *AutoCad* untuk mendapatkan korelasi dan volumenya.

1. Hasil nilai Arus (I) dan Potensial (V) yang telah dicatat dari alat diinput ke *excel* untuk mendapatkan nilai Tahanan Jenis dengan persamaan berikut :

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

2. Hasil perhitungan tersebut di input IP2WIN, pada software ini guna untuk mengetahui ketebalan batuan, dan tahanan jenis setelah inversi.
3. *Photoshop* guna untuk membuat korelasi litologi *cross-section* antar titik.
4. *AutoCad* mengolah litologi *cross-section* untuk didapatkan bentuk 3D serta perkiraan volumenya.
5. Luasan rata – rata salah satu perhitungan untuk mengetahui volume pada lapisan batuan.

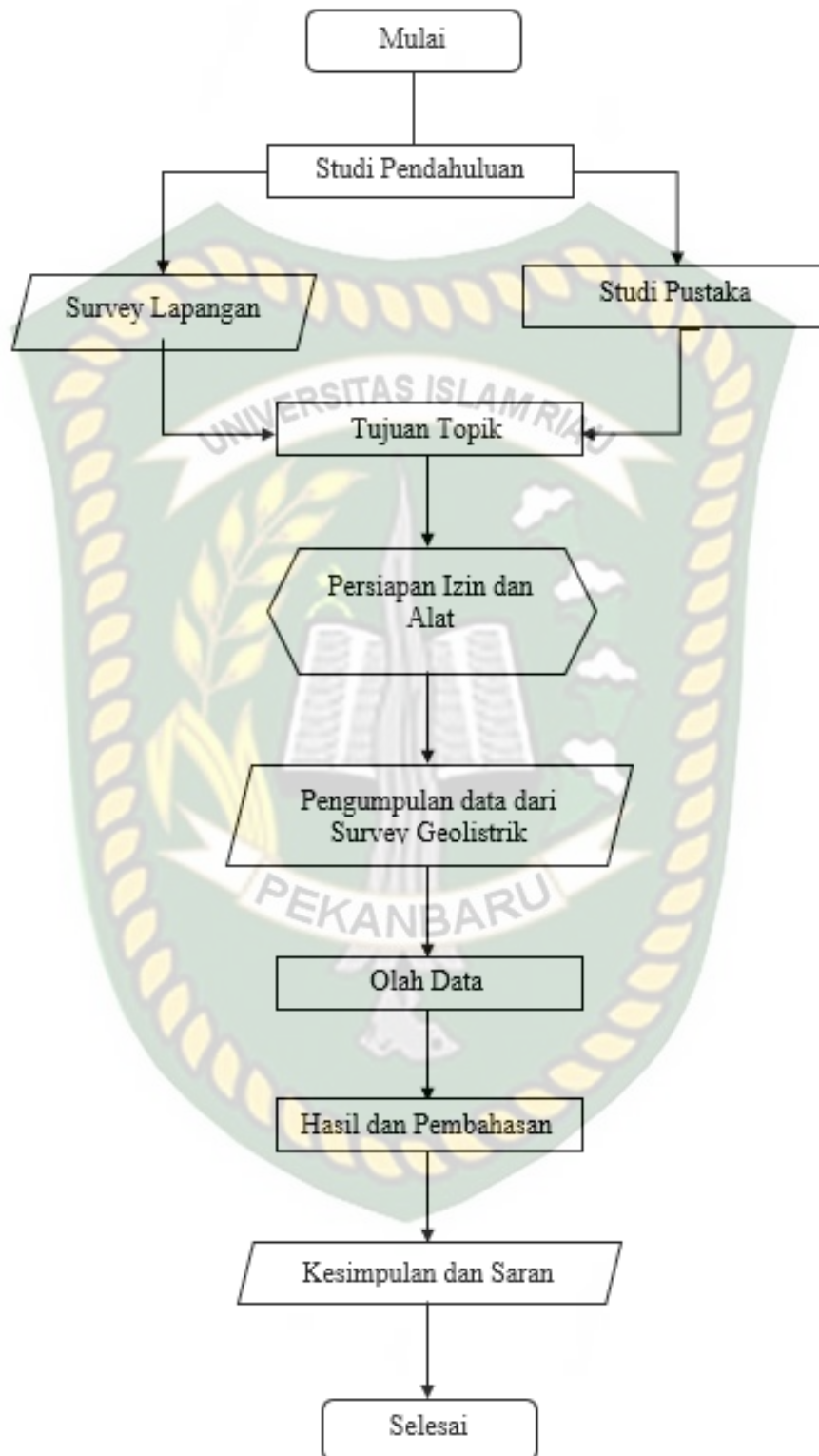
3.2 JADWAL PENELITIAN

Adapun jadwal kegiatan yang akan di lakukan selama melakukan penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Tabel Jadwal Penelitian

| Kegiatan | Bulan | | | | | | |
|--------------------------|-------|------|------|---------|-----------|---------|----------|
| | Mei | Juni | July | Agustus | September | Oktober | November |
| Studi Literatur | | | | | | | |
| Survey Lapangan | | | | | | | |
| Persiapan Alat dan Bahan | | | | | | | |
| Survey Geolistrik | | | | | | | |
| Olah Data | | | | | | | |
| Analisa dan Pembahasan | | | | | | | |

3.3 ALUR PENELITIAN



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

3.4 TEMPAT PENELITIAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Lokasi :

- Survey *Bentonite* dilakukan di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau.
- Lab Komputer Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

Teknik Pengumpulan data : Studi Lapangan, Studi Literatur.



BAB IV

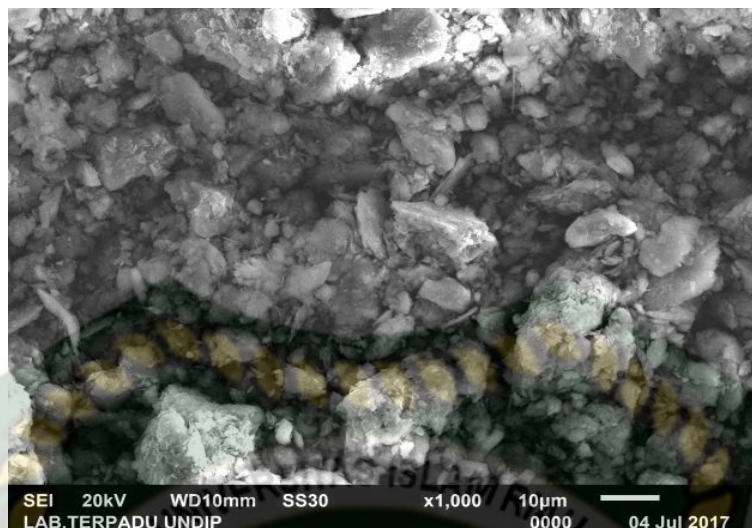
HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1 CLAY ILLITE

Clay illite merupakan lempung dengan mineral penyusun utama *illite*. *Illite* sendiri tersusun oleh unsur – unsur utama yaitu Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , dan C. *Clay illite* yang pernah diteliti menurut (Nugroho Indra, 2018) dan (Putra Akbar, 2018) dikatakan bahwa *clay illite* ini dapat menjadi *weithing agent* pada lumpur pemboran dengan penambahan aditif Na_2CO_3 dan $NaOH$ sebagai pengikat air, dimana hasil percobaan tersebut meningkatkan nilai viskositas dan densitas pada lumpur pemboran dengan tujuan mencegah terjadinya *lost circulation* pada saat proses pemboran. Untuk massa jenis clay illite sendiri menurut (Totten, Hanan, Knight, & Borges, 2002) dengan nilai rata-rata 2.7 gr/cc. *Clay Illite* yang diteliti pada penelitian mereka diambil pada desa badak dimana sama dengan penelitian ini diambil. Dari hasil penelitian tersebut dapat kita lihat hasil uji SEM-EDX yang dilakukan di Universitas Diponegoro untuk mengetahui komposisi kimia yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

| Sampel/ Location | MgO % | Al ₂ O ₃ % | SiO ₂ % | CaO C % | TiO % | Fe ₂ O 2 % | 3 C % | CuO % | Na ₂ O % | K ₂ O (%) | |
|------------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|------------|----------|--------------------------|----------|-----------|------------------------|-------------------------|------|
| <i>Illit Fe-rich (Mid-Sumatra)</i> | 0.66 | 28,08 | 49.3 | 3.02 | ND | 1.13 | 1.18 | 14.5 2 | 1.43 | ND | ND |
| <i>Illite Platy (Mid-Sumatera)</i> | ND | 25,41 | 46.78 | 20,73 | ND | 0.85 | 3.15 | 20.73 | 1.41 | ND | 1.67 |

Tabel 4.1 Komposisi Clay Illite



Gambar 4. 1 SEM-EDX *Clay Illite*

4.2 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian untuk pengambilan data berada di desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. Peneliti mengambil 4 titik duga penyelidikan dengan koordinat yaitu titik duga 1: $0^{\circ}30'13.594''N$ $101^{\circ}30'40.072''E$, titik duga 2: $0^{\circ}30'21.5''N$ $101^{\circ}30'40.6''E$ titik duga 3: $0^{\circ}30'22''N$ $101^{\circ}30'41''E$ titik duga 4: $0^{\circ}30'16''N$ $101^{\circ}30'43''E$. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, pada daerah ini mayoritas penduduk memiliki usaha batu bata, hal ini mendukung bahwa pada daerah tersebut memiliki potensi *clay* sebagai bahan dasar pembuatan batu bata. Menurut penelitian (Putra Akbar, 2018), dengan menggunakan uji SEM-EDX yang dilakukan, didapat komposisi mineral *clay*

pada daerah ini terdiri dari C 20,73%, Al_2O_3 25,41%, SiO_2 46,78%, K_2O 1,67%, TiO_2 0,85%, FeO 3,15%, dan CuO 1,41%. Kandungan yang ada menunjukkan bahwa kandungan tersebut adalah struktur dan komposisi kimia dari mineral *Clay illite platy*. Berdasarkan peta geologi Pekanbaru (González, 2013) menunjukkan daerah badak memiliki penyebaran *clay*. Penyebaran *clay* di Desa Badak dapat dilihat pada



Gambar 4. 2 Peta Geologi Pekanbaru

Berdasarkan peta geologi tersebut bahwasannya pada daerah penelitian merupakan termasuk Formasi minas dengan kode Qpmi, dimana pada daerah tersebut disusun oleh beberapa jenis sebaran batuan yaitu kerikil, kerakal, dan lempung. Dari buku yang dibuat oleh (Noor, 2012) Klasifikasi ukuran butir dapat dikelompokkan dengan klasifikasi dari Wentworth seperti berikut :

- Kerakal : 64 – 256 mm
- Kerikil : 4 – 64 mm
- Lempung : $1/256$ mm <

4.3 INTEPRETASI DATA GEOLISTRIK

Pada penelitian ini menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi *Schlumberger* dimana biasa disebut *Vertical Electrical Sounding* (1D) guna untuk

mengetahui resistivitas bawah permukaan dibawah permukaan secara vertikal. Dari hasil penyelidikan didapatkan nilai arus dan nilai beda potensial, pengukuran dilakukan dengan mengubah jarak elektroda arus maupun potensial dari kecil ke besar secara gradual. Jarak tersebut berbanding lurus dengan kedalaman, semakin besar jarak elektroda semakin dalam juga kedalaman yang terukur untuk data lapisan yang diseliki. Lalu data diolah melalui persamaan resistivitas semu yang dimana lapisan dianggap homogen, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

Keterangan :

ρ_a = Tahanan jenis semu

K = Konstanta faktor geometrik,

$$(K = \pi \cdot \{ (AB/2)^2 - (MN/2)^2 \} / MN)$$

ΔV = Beda potensial yang diukur (volt)

I = Besar arus yang digunakan (Ampere)

AB = Jarak elektroda arus AB (meter)

MN = Jarak elektroda potensial MN (meter)

Sampel data perhitungan dari formula tersebut

| K | I | V |
|------|----|------|
| 6,28 | 14 | 10,4 |

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho_a = 6.28 \times \frac{10.4}{14}$$

$$\rho_a = 4.66 \text{ Ohm}$$

Untuk dari hasil geolistrik tersebut kita belum dapat mengartikan bagaimana kelistrikan tersebut terhadap jenis batuan, perlu dilakukan perhitungan resistivitas menggunakan persamaan diatas di *excel* lalu dari persamaan tersebut

diinversi melalui software IP2WIN dengan membandingkan kurva yang diolah dari data lapangan dengan perhitungan sistematis sehingga akan didapat data meliputi kedalaman, ketebalan, dan nilai resistivitas secara vertical (Hutagalung & Bakker, 2013). Setelah data tersebut diolah nilai resistivitas lapisan batuan yang terdiri dari beberapa lapisan tersebut dapat dilakukan interpretasi atau analisa dengan referensi tabel resistivitas batuan berdasarkan (Budi Waspo, 2018) sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Tahanan Jenis Batuan

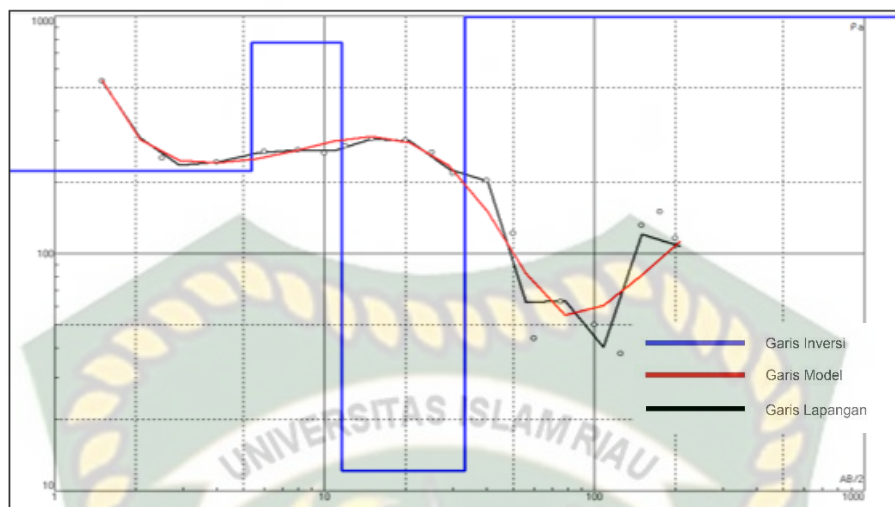
| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|----|-----|-------|--------|---------|--|--|--|
| BATUAN BEKU | | | | | | | | | |
| BATUAN UBAHAN | | | | | | | | | |
| LEMPUNG | | | | | | | | | |
| SERPIH LUNAK | | | | | | | | | |
| SERPIH KERAS | | | | | | | | | |
| PASIR | | | | | | | | | |
| BATUPASIR | | | | | | | | | |
| GAMPING POROS | | | | | | | | | |
| GAMPING PADAT | | | | | | | | | |
| Skala tahanan jenis (ohm-meter) | 1 | 10 | 100 | 1.000 | 10.000 | 100.000 | | | |

Hasil interpretasi dugaan geolistrik yang telah dikorelasikan dengan tabel diatas terhadap data geologi dari gambar 4.1 dan kondisi geologi dan litologi daerah tersebut bahwa tersusun dari pasir, kerikil, kerakal dan lempung serta tahanan jenis antara 1-5000 Ohm. Dari harga tahanan jenis tersebut secara umum dapat dikelompokkan dengan perbedaan kontras harga tahanan jenis sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Perbedaan Kontras Tahanan Jenis Batuan

| Tahanan Jenis | Perkiraan Litologi |
|---------------|--------------------|
| 2-20 | Lempung |
| 20-200 | Kerakal |
| 200-1000 | Kerikil |
| 1000 > | Batuan Beku |

4.2.1 Titik Penyelidikan 1



Gambar 4. 3 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 1

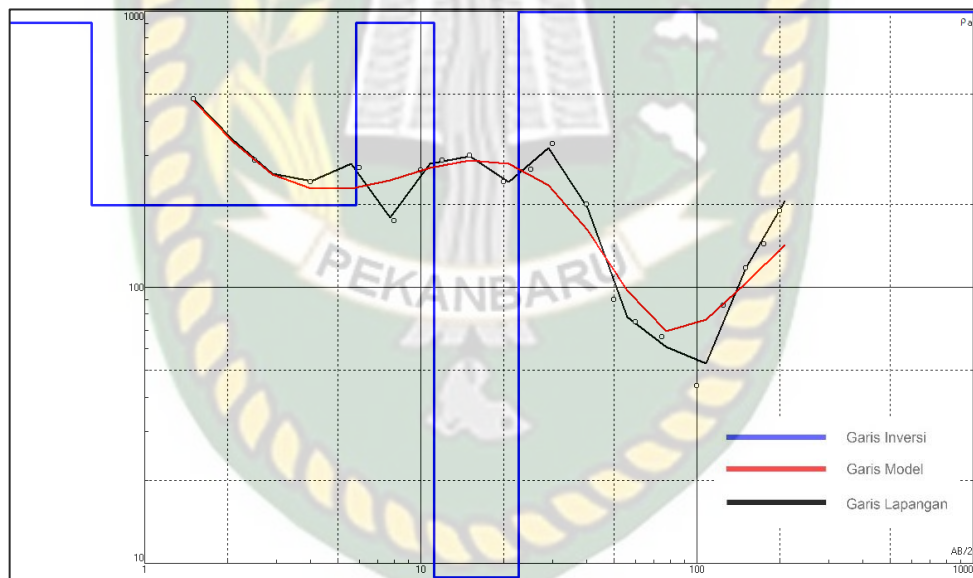
Titik penyelidikan 1 ini berada pada koordinat $0^{\circ}30'13''N$ $101^{\circ}30'39''E$ dengan hasil pengolahan dan inversi yang telah dilakukan didapatkan pada titik ini mendapat 5 lapisan batuan dengan nilai error sebesar 18.1%. Kurva pada sumbu X merupakan nilai $AB/2$ dimana nilai tersebut mengartikan dari jarak elektroda arus yang mengimplementasikan kedalaman penyelidikan dengan setengah nilai dari jarak elektroda tersebut untuk kedalaman. Sumbu Y merupakan dari nilai resistivitas yang didapat dari survei. Garis merah biru hitam merupakan garis yang berbeda, untuk garis merah memiliki arti garis model, garis biru merupakan inversi dan garis hitam merupakan nilai lapangan. Garis tersebut berguna untuk membuat nilai akurasi inversi agar minimalisir nilai error kurva. Pada lapisan pertama dengan nilai resistivitas sebesar 3688 Ohm dengan tebal lapisan 0 - 0.405 m. Diinterpretasikan sebagai lapisan penutup atau tanah penutup. Pada lapisan kedua didapatkan resistivitas sebesar 222 Ohm dengan tebal lapisan 0.405 - 5.37 m. Pada lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil. Lalu pada lapisan ketiga didapatkan resistivitas sebesar 774 Ohm dimana lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan kerakal dengan tebal 5.37 - 11.6 m. Pada lapisan keempat didapatkan hasil resistivitas sebesar 12.1 ohm dimana pada lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan lempung dengan ketebalan 11.6 - 33.2 m. Dan

lapisan kelima yaitu berjenis batuan beku, karena hasil resistivitas yang didapat sebesar 4650 Ohm dengan kedalaman 33.2 m seterusnya.

Tabel 4. 4 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 1

| LAPISAN | RESISTIVITAS (Ohm) | KEDALAMAN (Meter) | KETEBELAN (Meter) | KET |
|---------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| I | 3688 | 0 – 0.405 | 0.405 | Lapisan Penutup |
| II | 222 | 0.405 – 5.37 | 4.965 | Kerikil |
| III | 774 | 5.37 – 11.6 | 6.23 | Kerakal |
| IV | 12.1 | 11.6 – 33.2 | 21.6 | Lempung |
| V | 4650 | 33.2 - ~ | 166.8 | Batuan Beku |

4.2.2 Titik Penyelidikan 2



Gambar 4. 4 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 2

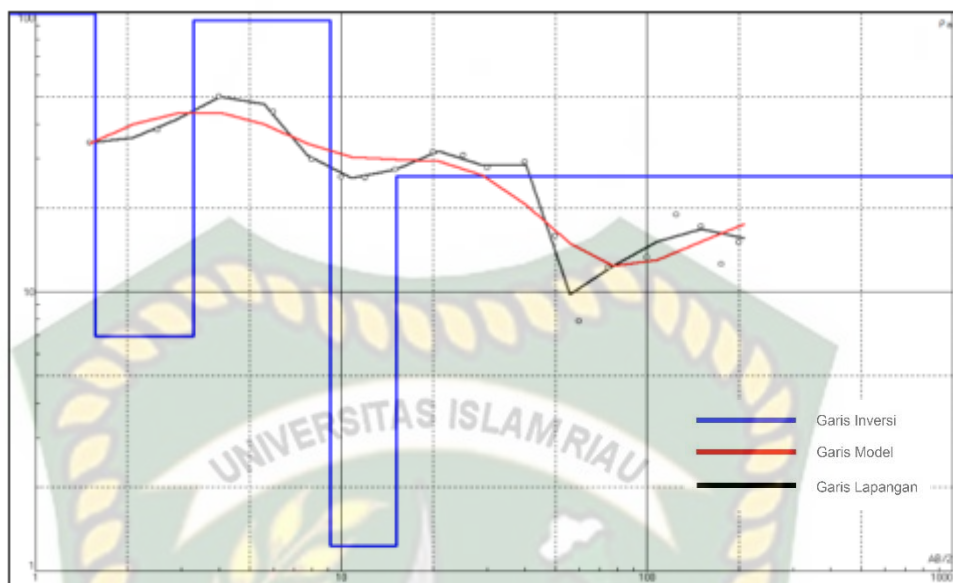
Titik penyelidikan 2 ini diukur pada koordinat $0^{\circ}30'19''N$ $101^{\circ}30'38''E$ didapatkan hasil dari pengolahan data dan inversi sebanyak 5 lapisan dengan error sebesar 23%. Kurva pada sumbu X merupakan nilai $AB/2$ dimana nilai tersebut mengartikan dari jarak elektroda arus yang mengimplementasikan kedalaman penyelidikan dengan setengah nilai dari jarak elektroda tersebut untuk kedalaman. Sumbu Y merupakan dari nilai resistivitas yang didapat dari survei. Garis merah

biru hitam merupakan garis yang berbeda, untuk garis merah memiliki arti garis model, garis biru merupakan inversi dan garis hitam merupakan nilai lapangan. Garis tersebut berguna untuk membuat nilai akurasi inversi agar minimalisir nilai error kurva. Untuk lapisan pertama didapatkan nilai resistivitas sebesar 905 Ohm dengan ketebalan 0 – 0.641 m dimana nilai tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan penutup. Pada lapisan kedua dari hasil data didapatkan nilai resistivitas sebesar 198 Ohm dengan tebal lapisan 0.641 – 5.83 m dimana lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan berjenis kerakal. Selanjutnya pada lapisan ketiga didapatkan nilai resistivitas sebesar 899 Ohm dimana tebal lapisan tersebut ialah 5.83 – 11.2 m dengan nilai tersebut lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan berjenis kerakal. Lapisan keempat didapatkan nilai resistivitas sebesar 8.14 Ohm dengan kedalaman 11.2 – 22.6 m dengan interpretasi lapisan berjenis lempung. Untuk lapisan kelima pada hasil resistivitas didapatkan sebesar 8436 Ohm dengan ketebalan 22.6 m hingga seterusnya dengan interpretasi lapisan sebagai lapisan batuan beku.

| LAPISAN | RESISTIVITAS (Ohm) | KEDALAMAN (Meter) | KETEBELAN (Meter) | KET |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| I | 905 | 0 – 0.641 | 0.641 | Tanah Penutup |
| II | 198 | 0.641 – 5.83 | 5.189 | Kerikil |
| III | 899 | 5.83 – 11.2 | 5.37 | Kerakal |
| IV | 8.14 | 11.2 – 22.6 | 11.4 | Lempung |
| V | 8436 | 33.2 - ~ | 177.4 | Batuan Beku |

Tabel 4. 5 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 2

4.2.3 Titik Penyelidikan 3



Gambar 4. 5 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 3

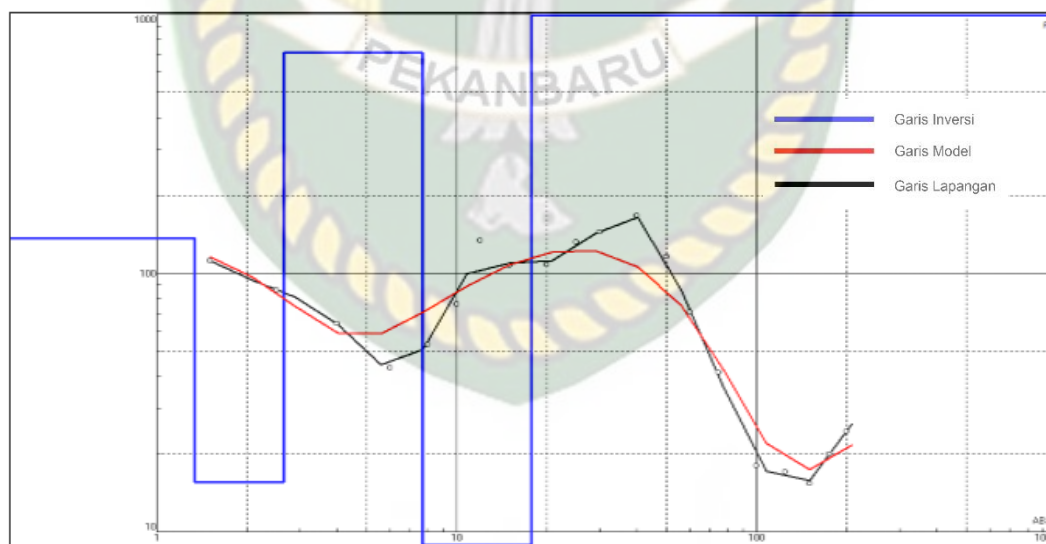
Pada titik penyelidikan 3 ini berada pada koordinat $0^{\circ}30'22''N$ $101^{\circ}30'41''E$. Dari hasil pengolahan dan inversi yang dilakukan didapatkan 6 lapisan batuan dengan nilai error sebesar 15.8%. Kurva pada sumbu X merupakan nilai $AB/2$ dimana nilai tersebut mengartikan dari jarak elektroda arus yang mengimplementasikan kedalaman penyelidikan dengan setengah nilai dari jarak elektroda tersebut untuk kedalaman. Sumbu Y merupakan dari nilai resistivitas yang didapat dari survei. Garis merah biru hitam merupakan garis yang berbeda, untuk garis merah memiliki arti garis model, garis biru merupakan inversi dan garis hitam merupakan nilai lapangan. Garis tersebut berguna untuk membuat nilai akurasi inversi agar minimalisir nilai error kurva. Lapisan pertama didapatkan nilai resistivitas sebesar 19.7 Ohm dengan kedalaman 0 - 0.648 m dimana lapisan tersebut diinterpretasikan berjenis lapisan penutup atau tanah penutup. Pada lapisan kedua nilai resistivitas yang didapatkan dari hasil tersebut sebesar 150 Ohm yang berada pada kedalaman 0.648 - 1.55 m, dari nilai tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil. Lalu pada lapisan ketiga nilai resistivitas yang didapat sebesar 6.69 Ohm dengan kedalaman yang didapat 1.55 - 3.27 m. Interpretasi pada lapisan ini dianggap sebagai lapisan lempung/clay. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas sebesar 101 Ohm dengan kedalaman 3.27 - 9.09

m dimana lapisan ini dapat diinterpretasikan sebagai lapisan Kerikil. Lapisan kelima didapatkan nilai resistivitas sebesar 1.31 Ohm dengan kedalaman 9.09 – 19.5 m, dimana lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan lempung. Dan lapisan terakhir dengan nilai resistivitas 3250 Ohm dengan kedalaman 19.5 m seterusnya ini diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil.

Tabel 4. 6 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 3

| LAPISAN | RESISTIVITAS (Ohm) | KEDALAMAN (Meter) | KETEBELAN (Meter) | KET |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| I | 19.7 | 0 - 0.648 | 0.655 | Tanah Penutup |
| II | 150 | 0.648 - 1.55 | 0.915 | Kerikil |
| III | 6.69 | 1.55 - 3.27 | 1.73 | Lempung |
| IV | 101 | 3.27 - 9.09 | 5.82 | Kerikil |
| V | 1.31 | 9.09 – 19.5 | 10.41 | Lempung |
| VI | 3250 | 19.5 ~ | 180.5 | Batuan beku |

4.2.4 Titik Penyelidikan 4



Gambar 4. 6 Grafik Inversi Titik Penyelidikan 4

Pada titik penyelidikan 4 ini diambil pada koordinat $0^{\circ}30'16''N$ $101^{\circ}30'43''E$ didapatkan hasil dari pengolahan data dan inversi yang dilakukan pada titik tersebut memiliki 5 lapisan batuan dengan nilai error sebesar 19.1 %.

Kurva pada sumbu X merupakan nilai $AB/2$ dimana nilai tersebut mengartikan dari jarak elektroda arus yang mengimplementasikan kedalaman penyelidikan dengan setengah nilai dari jarak elektroda tersebut untuk kedalaman. Sumbu Y merupakan dari nilai resistivitas yang didapat dari survei. Garis merah biru hitam merupakan garis yang berbeda, untuk garis merah memiliki arti garis model, garis biru merupakan inversi dan garis hitam merupakan nilai lapangan. Garis tersebut berguna untuk membuat nilai akurasi inversi agar minimalisir nilai error kurva. Pada lapisan pertama yang terbaca itu didapatkan nilai resistivitas sebesar 136 Ohm dengan kedalaman 0 – 1.33 m dimana pada lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan penutup. Untuk lapisan kedua nilai resistivitas yang didapat pada lapisan tersebut bernilai 15.6 Ohm dengan kedalaman 1.33 – 2.65 m, pada lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan berjenis lempung. Lapisan ketiga nilai resistivitas yang didapat sebesar 714 Ohm dengan kedalaman 2.65 – 7.71 m, dimana lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan berjenis kerakal. Pada lapisan keempat yang terbaca itu didapatkan nilai resistivitas sebesar 1.05 Ohm dengan kedalaman 7.71 – 17.7 m dimana pada lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan yang berjenis lempung. Lapisan terakhir atau yang kelima didapatkan nilai resistivitasnya sebesar 2291 Ohm dengan kedalaman 17.7 m hingga seterusnya, dimana lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan yang berjenis batuan beku.

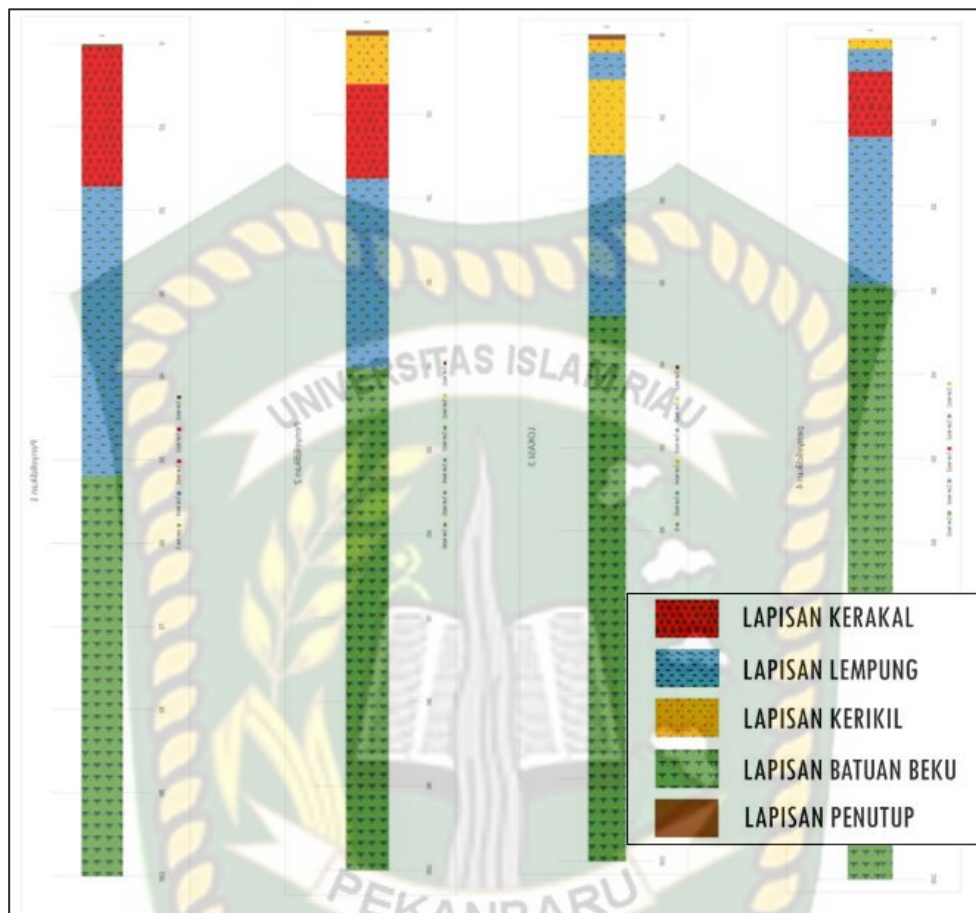
Tabel 4. 7 Informasi Lapisan Titik Penyelidikan 4

| LAPISAN | RESISTIVITAS (Ohm) | KEDALAMAN (Meter) | KETEBELAN (Meter) | KET |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| I | 136 | 0 – 1.33 | 1.33 | Kerikil |
| II | 15.6 | 1.33 – 2.65 | 1.32 | Lempung |
| III | 714 | 2.65 – 7.71 | 5.06 | Kerakal |
| IV | 1.05 | 7.71 – 17.7 | 9.99 | Lempung |
| V | 2291 | 17.1 - ~ | 182.3 | Batuan beku |

4.4 MODEL LITOLOGI

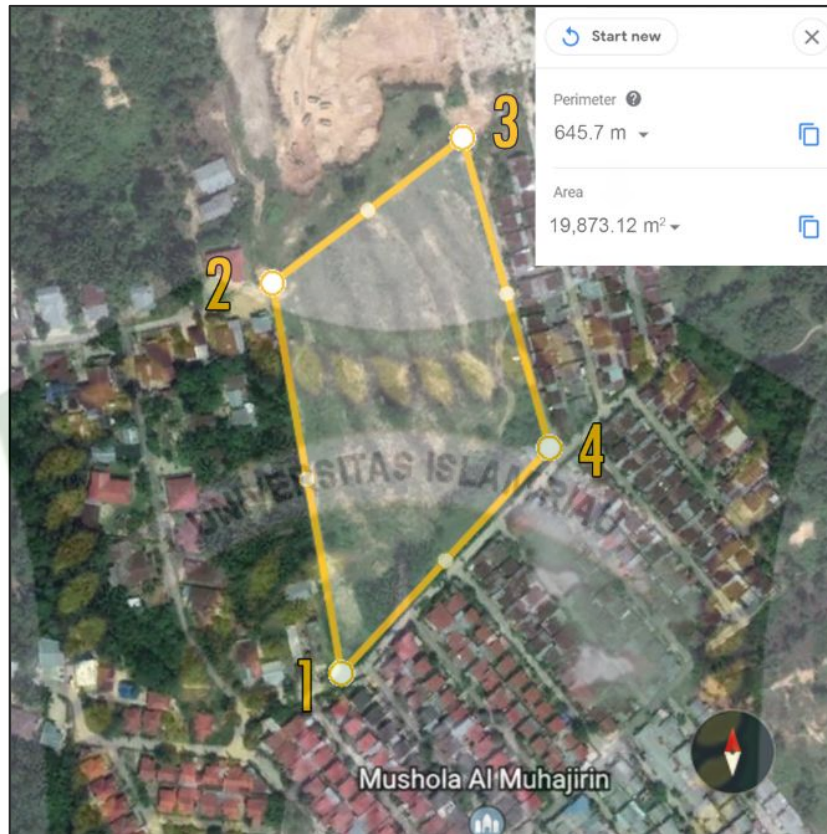
Untuk membuat penampang litologi tegak, membutuhkan data setiap titik yang telah diartikan seperti tabel tabel yang telah dibuat sebelumnya, lalu data

tersebut disusun dalam bentuk penampang tegak di *excel* dan *photoshop* . Gambar penampang litologi tegak dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. 7 Litologi Tegak

Dari hasil pengolahan data setiap titik didapatkanlah gambar penampang tegak setiap titik, gambar tersebut ialah hasil interpretasi dimana terdiri dari empat titik gambar. Pada titik 1,2,3,4 ditemui lapisan lempung pada setiap lapisannya dengan ketebalan yang bervariasi, untuk titik ke 3 dan ke 4 ditemui 2 lapisan lempung yang dibatasi dengan lapisan kerikil dan kerakal. Pada gambar tersebut dapat dibuat korelasi antar titik dengan jarak yang telah dibuat pada saat penyelidikan seperti gambar berikut :



Gambar 4. 8 Peta Titik Penyelidikan

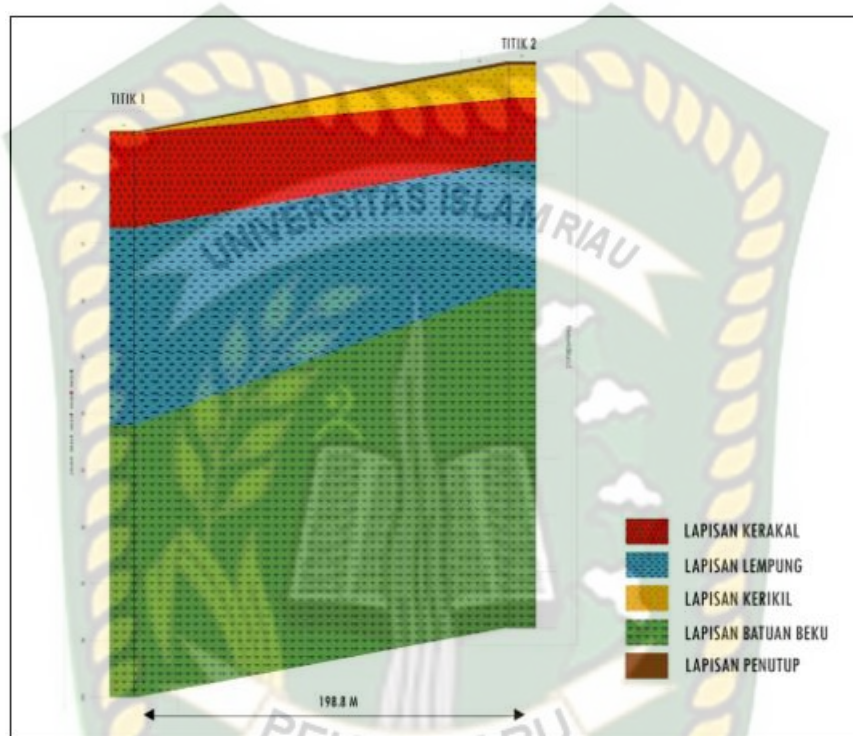
Dari hasil penyelidikan titik 1 ke 2 berjarak 198.8 m, untuk titik 2 ke 3 berjarak 125.5 m, titik 3 ke 4 berjarak 168.8 m, dan titik 1 ke 4 berjarak 152.6 m dengan luas penyelidikan yang didapat sekitar 19873 m².

4.5 KORELASI *CROSS-SECTION*

Hasil penampang tegak setiap titik dibuat menjadi korelasi antar titik dimana untuk menunjukkan bagaimana bentuk dari persebaran penampang *cross-section* dari titik yang dihubungkan. Korelasi tersebut dibuat menggunakan *software excel, photoshop, dan surfer*. Korelasi yang akan dibuat antara titik 1 ke 2 dengan jarak 198.8 m, lalu korelasi titik 2 ke 3 dengan jarak 125.5 m, korelasi titik 3 ke 4 dengan jarak 168.8 m, dan korelasi titik 4 ke 1 dengan jarak 152.6 m. Oleh sebab itu diharapkan didapatkan korelasi 2 dimensinya

4.5.1 Korelasi Titik 1 dan Titik 2

Pada korelasi ini antara titik 1 dan titik 2 mempunyai jarak 198.8 m dengan perbedaan elevasi 8 meter dengan titik 1 berada pada elevasi 35m dan titik 2 berada pada elevasi 47m pada lapisan paling atas. Gambar *cross-section* litologi titik 1 dan titik 2 dapat dilihat pada gambar 4.9



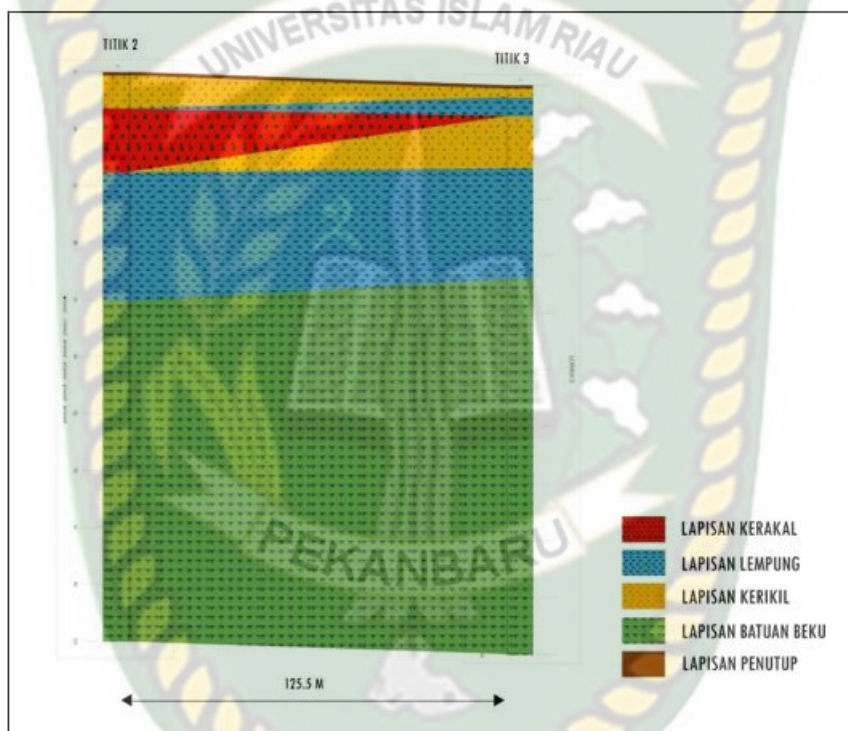
Gambar 4. 9 *Cross-section* litologi titik 1 dan 2

Dari korelasi dengan menghubungkan nilai resistivitas yang sama didapatkan bahwa pada lapisan pertama adalah lapisan penutup dengan ketebalan pada titik 1 ialah 0.4 m dan untuk titik 2 ialah 0.402 m, dimana terdapat peningkatan penebalan pada titik 1 ke titik 2. Untuk lapisan kedua adalah lapisan kerikil. Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa titik 1 tidak terdapat lapisan kerikil, namu pada titik 2 ditemukan kerikil dengan ketebalan 5.1 m. Lapisan ketiga diisi dengan lapisan kerakal dengan ketebalan pada titik 1 sebesar 5.83 m lalu mengalami penipisan ketebalan pada titik 2 dengan ketebalan 5.37 m. Pada lapisan keempat terdapat lapisan lempung pada titik 1 dengan ketebalan 23.5 m dan titik ke 2 11.4 m, dari lapisan satu kedua mengalami penipisan lapisan sebesar 10.2 m. Untuk lapisan terbawah diisi oleh lapisan batuan beku dengan ketebalan

titik 1 sebesar 165.2 m dan titik ke 2 dengan ketebalan 177.4 m, lapisan dari titik 1 ke titik 2 mengalami pembesaran lapisan sebesar 10.6 m.

4.5.2 Korelasi Titik 2 dan Titik 3

Pada korelasi titik 2 dan titik 3 ini mempunyai jarak antar titik sejauh 125.5 m dengan elevasi pada titik 2 dengan elevasi 47 m dan untuk levasi pada titik 3 dengan elevasi 45 dimana pada lapisan paling atas dengan perbedaan elevasi sekitar 2 m. Gambar *cross-section* dapat dilihat sebagai berikut :



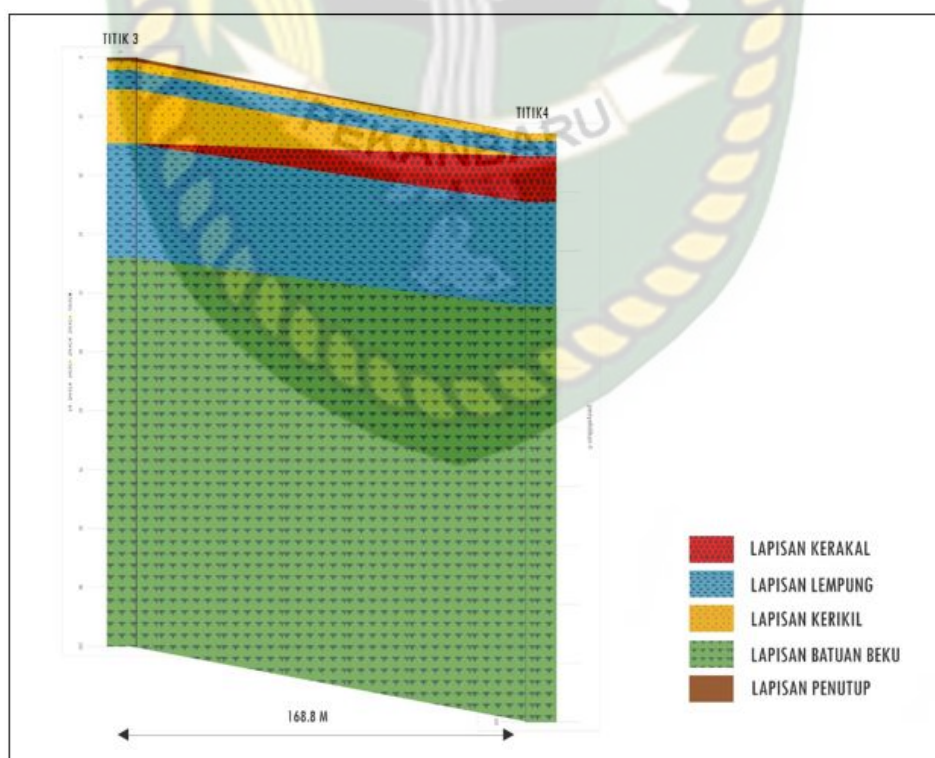
Gambar 4. 10 *Cross-section* Titik 2 dan Titik 3

Dari korelasi dengan menghubungkan nilai resistivitas yang sama didapatkan bahwa pada lapisan pertama ialah lapisan penutup dengan ketebalan pada titik 2 ialah 0.64 m dan untuk titik 3 ialah 0.655 m, dimana dapat peningkatan penebalan pada titik 2 ke titik 3. Untuk lapisan kedua ialah lapisan kerikil dimana pada titik 2 memiliki tebal 5.1 m menuju ke titik 3 mengalami pengecilan dengan ketebalan pada titik tersebut 0.915 m. Pada lapisan ketiga terdapat lapisan lempung dimana lapisan lempung muncul pada titik ke 3 dengan ketebalan 1.73 dan pada titik 2 tidak adanya lapisan lempung. Lapisan ke 4 terdapat lapisan

kerakal pada titik 2 dengan ketebalan 5.37 dimana pada titik 3 tidak adanya lapisan kerakal yang dimana mengalami penghilangan menuju titik 3. Untuk lapisan keempat adanya lapisan kerikil yang dimana muncul pada titik 3 dengan ketebalan 5.82 m dan untuk titik 2 tidak adanya lapisan kerikil dimana pengecilan menuju titik 2. Lapisan keempat diisi oleh lapisan lempung dimana pada titik 2 memiliki ketebalan 11.4 m dan pada titik 3 memiliki ketebalan 10.41 m dimana mengalami penurunan ketebalan pada titik 3 dengan selisih ketebalan 1.01 m. Lapisan terakhir diisi oleh lapisan beku dengan ketebalan pada titik 2 ialah 177.4 m dan pada titik 3 memiliki ketebalan 180.5 m dengan mengalami penebalan lapisan mengarah ke titik 3.

4.5.3 Korelasi Titik 3 dan Titik 4

Korelasi titik 3 dan titik 4 memiliki jarak sebesar 168.8 dengan elevasi pada titik ketiga 45 m dan elevasi pada titik 4 dengan elevasi 33 m dengan perbedaan elevasi 12 m dihitung dari lapisan paling atas. *Cross-section* untuk korelasi titik 3 dan titik 4 dapat dilihat sebagai gambar berikut :

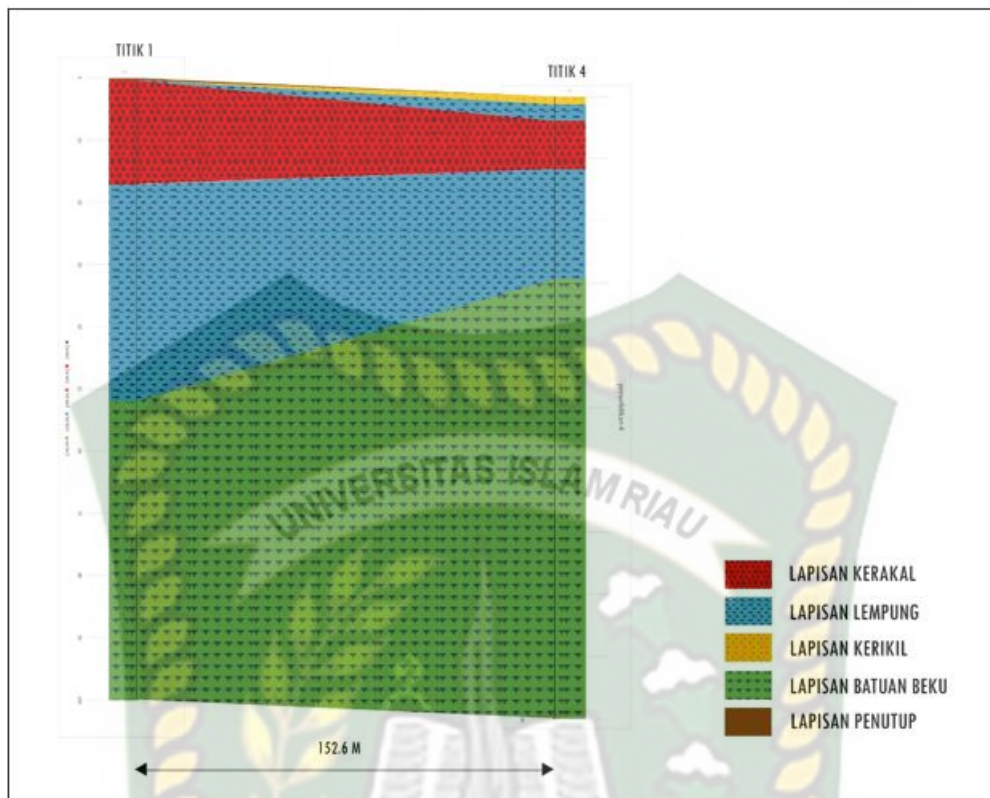


Gambar 4. 11 *Cross-section* Titik 3 dan Titik 4

Korelasi yang dapat dilihat antara titik 3 dan 4 didapatkan bahwa pada lapisan pertama merupakan lapisan penutup dengan ketebalan pada titik 3 0.655 m dan untuk titik 4 ialah 0 m dimana pada lapisan tersebut mengalami penipisan dari titik 3 ke 4. Pada lapisan ke 2 diisi dengan lapisan kerikil dimana pada titik 3 didapatkan ketebalannya 0.915 m serta mengalami penebalan lapisan menuju titik 4 dengan ketebal 1.33 m. Pada lapisan ketiga diisi dengan lapisan lempung atau *clay* tipis dimana ketebalan pada titik 3 didapat sebesar 1.73 m mengalami penipisan menuju titik 4 dengan ketebal 1.32 m. Selanjutnya pada lapisan 4 diisi dengan lapisan kerakal dengan ketebalan lapisan pada titik 3 sebesar 5.82 m mengalami penipisan hingga habis pada titik 4, dilanjutkan pada lapisan ke 5 yang dimana munculnya lapisan kerakal menuju titik 4 dengan ketebalan 5.06 m. Lapisan ke 6 diisi oleh lapisan lempung tebal dengan ketebalan pada titik 3 ialah 10.41 m yang mengalami penipisan lapisan hingga titik 4 dengan ketebalan yang didapat 9.99 m. Lapisan terakhir diisi oleh batuan beku dengan ketebalan pada titik 3 ialah 180.5 m dan ketebalan pada titik 4 182.3 m.

4.5.4 Korelasi Titik 1 dan Titik 4

Korelasi yang menghubungkan titik 1 dan titik 4 memiliki jarak sejauh 152.6 m, dimana pada titik 1 memiliki elevasi dengan nilai 35 m dan elevasi pada titik 4 ialah 33 m dengan perbedaan elevasi sebesar 2 m, dengan titik elevasi berada pada lapisan paling atas atau permukaan. Untuk gambar korelasi *cross-section* titik 1 dan 4 dapat dilihat pada gambar berikut :



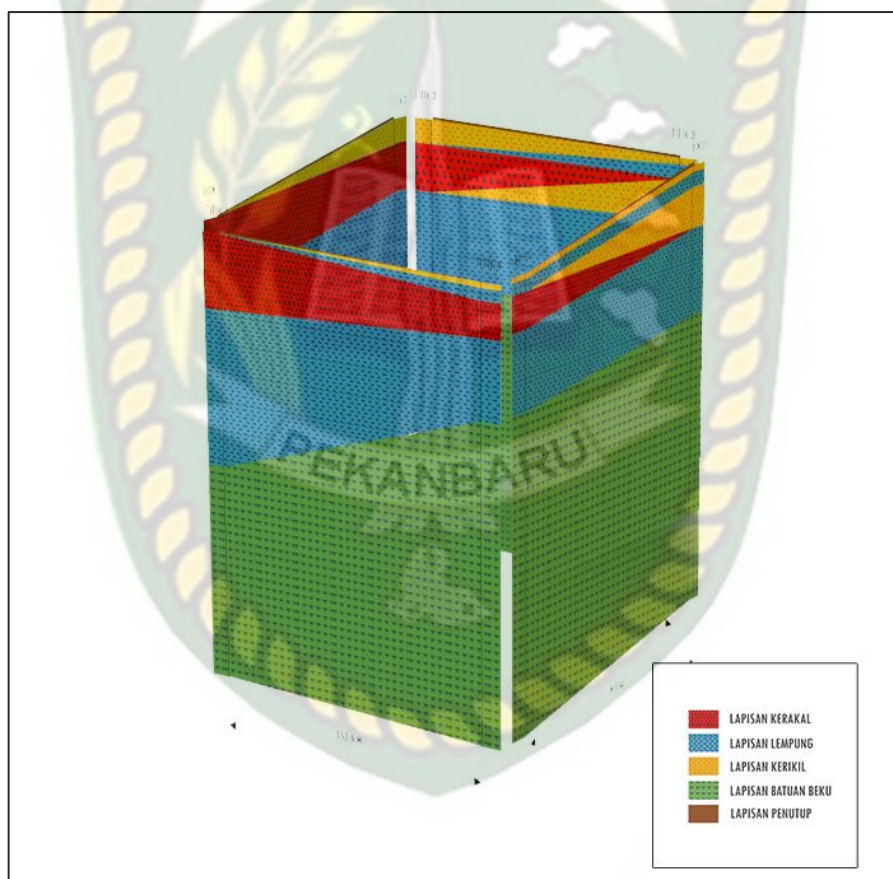
Gambar 4. 12 Cross-section Titik 1 dan Titik 4

Korelasi yang menghubungkan titik 1 dan titik 4 didapatkan bahwa pada lapisan pertama diisi oleh lapisan penutup dengan ketebalan lapisan pada titik 1 sebesar 0.405 m yang mengalami penipisan habis hingga menuju titik 4. Pada lapisan kedua diisi oleh lapisan kerikil yang muncul dari titik 1 menuju titik 4 dengan ketebalan pada titik 4 sebesar 1.33 m. Pada lapisan ketiga diisi oleh lapisan lempung tipis dimana mengalami penebalan dari titik 1 hingga titik 4 dengan ketebalan pada titik 4 ialah 1.32 m. Pada lapisan keempat diisi oleh lapisan batuan kerakal dengan ketebalan pada titik 1 ialah 6.23 m yang mengalami penipisan lapisan menuju titik 4 dengan ketebalan pada titik 4 sebesar 5.04 m. Pada lapisan kelima diisi oleh lapisan lempung tebal dengan ketebalan pada titik 1 sebesar 21.6 yang mengalami penipisan ketebalan menuju titik 4 dengan ketebalan 9.99 m. Lapisan terakhir diisi oleh batuan beku dengan ketebalan pada titik 1 sebesar 166.8 dan ketebalan pada titik 4 sebesar 182.3 m.

4.6 ESTIMASI VOLUME

Estimasi volume yang dilakukan pada penelitian ini hanya estimasi awal atau masih bias dibilang *Indicated Resource* atau potensi cadangan terkira yang dimaksud karakteristik, bentuk, densitas dari mineral telah diketahui dengan tingkat kepercayaan yang wajar namun belum dilakukan uji bor, dan serta spasi penyelidikan yang masih jarang. Tingkat kepercayaan ini masih lebih rendah daripada *Measured Resource* atau potensi cadangan terukur (Farmer, 2014).

Dari keempat titik yang telah dibentuk korelasi empat sisi dapat dibentuk rupa 3 dimensi sesuai dengan litologi, koordinat dan elevasi yang terbentuk. Untuk visual 3 dimensi dapat dilihat seperti gambar berikut :



Gambar 4. 13 Model Litologi 3D Sederhana

4.6.1 Estimasi Volume dengan Metode Luas Rata-rata.

Perhitungan dengan metode ini dibuat menggunakan metode luas rata – rata (Purwasatriya, 2013) dari luas daerah penyelidikan, dengan cara menentukan luas daerah penyelidikan terlebih dahulu dengan hasil luas sebesar 19873 m². Penyelidikan yang dilakukan di 4 titik, luas yang didapatkan dibagi terhadap 4

titik tersebut, sehingga didapat luas setiap titiknya sebesar 4968.25 m². Untuk perhitungan estimasi volumenya dihitung berdasarkan ketebalan lempung disetiap titik lalu dikalikan terhadap luas pada tiap titik. Model lapisan yang diilustrasikan pada dilihat pada gambar 4. 13. Terlihat bahwa ada lapisan lempung yang terpisah, dimana lapisan tipis dan tebal. Maka didapat hasil setelah dilakukan perhitungan di *excel* sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Perhitungan Volume dan Berat Lapisan Tipis

| No | Titik | Tebal Lapisan Clay (m) | Volume (m ³) | Berat (Ton) |
|--------------|----------------|------------------------|--------------------------|----------------|
| 1 | Penyelidikan 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Penyelidikan 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Penyelidikan 3 | 1,73 | 8595,0725 | 23636,45 |
| 4 | Penyelidikan 4 | 1.32 | 6558,09 | 18034,75 |
| TOTAL | | | 15153,1625 | 41671,2 |

Tabel 4. 9 Perhitungan Volume dan Berat Lapisan Tebal

| No | Titik | Tebal Lapisan Clay (m) | Volume (m ³) | Berat (Ton) |
|--------------|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | Penyelidikan 1 | 21,6 | 107314,2 | 295114,1 |
| 2 | Penyelidikan 2 | 11,4 | 56638,05 | 155754,6 |
| 3 | Penyelidikan 3 | 5,88 | 29213,31 | 80336,6 |
| 4 | Penyelidikan 4 | 9,99 | 49632,8175 | 136490,2 |
| TOTAL | | | 242798,3775 | 667695,5 |

Dari tabel tersebut didapat volume dan berat setiap titik dimana berat lempung tersebut memiliki densitas 2.75 gr/cc menurut (Totten et al., 2002). Untuk total lapisan tebal dan tipis didapatkan volumenya sebesar 257951,54 m³ dan berat yang didapat 709366,7 Ton

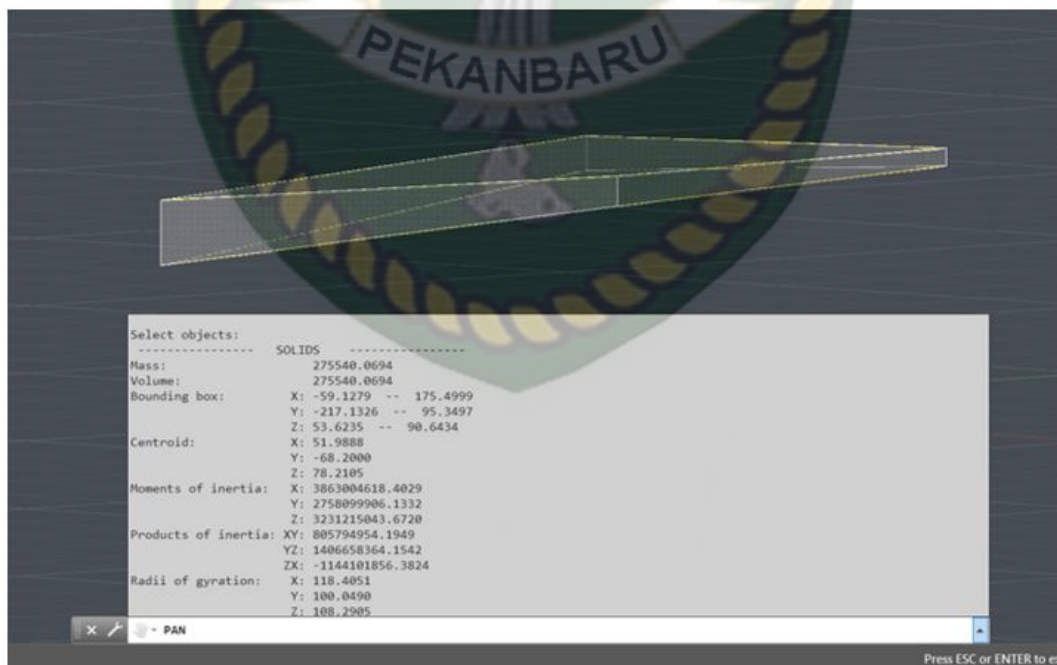
4.6.2 Estimasi Volume dengan *Software Autocad*

Perhitungan estimasi volume, menggunakan *software AutoCad* seri tahun 2019. Estimasi volume dari lempung yang dibentuk tersebut, dibuat model 3D untuk masing-masing lapisannya. Prinsip yang digunakan menggunakan *software* ini yaitu dengan membuat bangun ruang 3D dari data-data yang telah didapatkan, setelah dengan membuat bentuk bangun ruang tersebut akan dihitung volume ruangnya dengan *commend* yang diinput pada *AutoCad* tersebut. Untuk pertama

membuat model lapisan tipis lempung yang berwarna biru dimasukkan sesuai data ketebalan lapisan, kedalaman, titik koordinat, serta elevasi membentuk model balok 3D sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Model 3D *AutoCad* Lapisan Tipis



Gambar 4. 15 Model 3D *Autocad* Lapisan Tebal

Dari hasil perkiraan volume yang didapat dari perhitungan *autocad* didapat volume untuk lapisan tipis sebesar : 17789.72 m³. Lalu untuk lapisan lempung tebaL didapatkan volumenya sebesar 275540.067 m³. Untuk volume total lempung yang telah dilakukan penyelidikan itu sebesar 293329.787 m³. Berat dari *clay illite* itu sendiri dengan aumsi nilai densitas tersebut ialah 2.75 gr/cc didapatkan berat untuk lapisan tipis sebesar 48.921,73 Ton dan untuk lapisan tebal didapatkan berat sebesar 757.735,18 dan untuk total berat dari lempung tersebut sebesar 806.656.914,25 Ton.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta berdasarkan hasil dan pembahasan dari bab sebelumnya, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau didapatkan potensi *clay illite* dengan 2 lapisan *clay* yang terpisah.
2. Hasil survey geolistrik dengan metode *Vertical Electrical Sounding* didapatkan ketebalan *clay* pada titik penyelidikan 1 dengan ketebalan 21.6 m, titik penyelidikan 2 dengan ketebalan 11.4 m, titik penyelidikan 3 didapat 2 lapisan *clay*, lapisan pertama dengan tebal 1.73 m, dan lapisan kedua dengan tebal 10.41. Dan titik penyelidikan 4 didapat lapisan pertama dengan tebal 1.33 m dan lapisan kedua dengan tebal 9.99 m.
3. Analisis yang telah dilakukan bahwa perhitungan besaran dari potensi clay didapat volume totalnya 257951,54 m³ dengan metode perhitungan luas rata-rata, untuk volume dengan hasil perhitungan *software AutoCad* didapat volume total sebesar 293329.787 m³

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat peneliti berikan dari hasil penelitian tugas akhir yang telah dibuat ini, sebagai berikut :

1. Melakukan survey geolistrik lebih luas terhadap potensi di di Desa Badak, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau tersebut.
2. Melakukan survey geolistrik dengan metode 3 Dimensi agar hasil model penyebaran lebih jelas.
3. Melakukan pengoboran *borehole* agar dapat memberikan informasi lebih mengenai lapisan bawah tanah setelah melakukan penyelidikan geolistrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Hari Wahyudi. (2014). Identifikasi Lapisan Bentonit Menggunakan Metode Geolistrik Di Dusun Tetelan, Desa Klepu, Kecamatan Sumbermanjing Wetan. *Jurnal Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang*.
- Ahmed, S. A., Tantawy, M. A., Abdallah, E. M., & Qassim, M. I. (2015). Characterization and application of kaolinite clay as solid phase extractor for removal of copper ions from environmental water samples. *International Journal of Advanced Research* (2015), 3(3), 1–21.
- Bahri, A. S., Rochman, J. P. G. N., Khoiridah, S., & Iswahyudi, A. (2015). Estimasi Cadangan Batu Gamping di Desa Melirang, Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik dengan Metode Resistivitas 2-Dimensi. *Jurnal Geosaintek*, 1(1), 15.
- Birlina, S., Darsono, D., & Legowo, B. (2013). Interpretasi Data Geolistrik untuk Memetakan Potensi Air Tanah dalam Menunjang Pengembangan Data Hidrogeologi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 9(2), 43.
- Budi Waspodo, R. S. (2018). Eksplorasi Airtanah untuk Mengetahui Letak dan Sebaran Akuifer dengan Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Kertasari dan Meraran, Kec. Taliwang, Kabupaten Sumbawa Besar. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 6(3), 255–261.
- Farmer, K. (2014). International Standardisation for the reporting of Mineral Resources and Ore Reserves. *International Atomic Energy Agency*.
- Fitrianti, F. (2012). Pengaruh Lumpur Pemboran Dengan Emulsi Minyak Terhadap Kerusakan Formasi Batu Pasir Lempungan (Analisa Uji Laboratporium). *Journal of Earth Energy Engineering*, 1(1), 67.
- Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M., & Wardana, A. P. (2018). Identifikasi Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika FLUX*, 15(2), 100.
- Gaudette, H. E. (1964). The Nature of Illite. *Journal of Clays and Clay Minerals*, 13(1), 33–48.

- González, S. S. (2013). The swelling pressure of bentonite and sand mixtures. *Journal of KTH Chemical Science and Engineering*, 1, 5–12.
- Grim, R. E. (1953). Clay Mineralogy. In *LWW* (Vol. 76).
- Hanggara Salah, Wi. (2015). Analisis Penampang Resistivitas dan Analisis Kekar untuk Mengidentifikasi Sesar di Kabupaten Poso. *Jurnal Universitas Pendidikan Indonesia*, 28–37.
- Huggett, J. M. (2015). Clay Minerals. In *Encyclopedia of Geology*. Elsevier Inc.
- Hutagalung, R., & Bakker, E. (2013). Identifikasi Jenis Batuan menggunakan metode Geolistrik Resistivitas konfigurasi Schlumberger dalam perencanaan pondasi bangunan di terminal transit desa Passo. *Prosiding FMIPA Universitas Pattimura*, 159–167.
- Kanna, A. R., Majid, S., Savi, A., Ahmed, M., Abdul, M., & Khan, R. (2017). Determination of Effect Bentonite and Additives On Drilling Fluids. *Int Refereed J Eng Sci (IRJES)*, 6(3), 22–28.
- Khalid, I., Novrianti, & Melysa, R. (2018). Performance Analysis of Local Pekanbaru Bentonite for Reactive Solid Application of Mud Drilling. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 23–32.
- Nasir, M., Lilly, H., & Enikarmila, E. (2014). Gambaran Infestasi Ascaris Lumbricoides dan Trichuris Trichiura pada Murid Kelas I, II, Dan III SD Negeri 45 di Lingkungan Pembuatan Batu Bata Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Riau*, 2(1), 1–12.
- Noor, D. (2012). *Pengantar Geologi* (Edisi Kedu). Fakultas Teknik - Universitas Pakuan.
- Nugroho Indra, W. (2018). Laboratory Study of Drilling Mud Rheology and Analysis of Chemical Composition from Clay Illite Minerals in Central Sumatra, Riau. *Indonesian Petroleum Association*.
- Ombaka, O. (2016). Characterization and Classification of Clay Minerals for Potential Applications in Rugi Ward , Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 10(11), 415–431.
- Panjaitan, R. R. (2010). Kajian penggunaan bentonit dalam industri. *Berita Litbang Industri*, 45(3), 22–28.

- Purwasatriya, E. B. (2013). Studi Potensi Sumberdaya Andesit Menggunakan Metode Geolistrik Di Daerah Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Dinamika Rekayasa*, 9(2), 55–61.
- Putra Akbar, Y. (2018). Study Of Laboratory Test Analysis Of Addition Of Naco₃ And Naoh On Rheology Of Drilling Mud From Existing Platy Illit Minerals In Central Sumatera. *Simposium IATMI*.
- Reynolds, J. M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. In *Wiley-Blackwell*.
- Shaw, S. (2015). Bentonite Supply and Demand in Drilling. *Oilfield Mineral & Market Forum Houston*.
- Suherman, I. (2009). Identifikasi Peluang Pengembangan Mineral dan Batubara (Studi Kasus Di Propinsi Riau). *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Mineral Dan Batubara*, 5(10), 171–182.
- Totten, M. W., Hanan, M. A., Knight, D., & Borges, J. (2002). Characteristics of Mixed-layer Smectite/Illite Density Separates during Burial Diagenesis. *American Mineralogist*, 87(11–12), 1571–1579.
- USGS. (2018). 2015 Minerals Yearbook. *The United States Geological Survey*, (September), 14.
- Vitanesa, L., Nardo Purba, R., Lesbani, A., & Said, M. (2017). Bentonite Intercalated Organometallic Complex as Adsorbent of Procion Red. *Science & Technology Indonesia*, 1(2), 9–16.
- Zulfikar, & Sutisna, T. (2003). Inventarisasi dan Evaluasi Mineral Non Logam di Daerah Kabupaten Indragiri Hulu dan Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Subdit. Mineral Non Logam*, 1–10.