



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF184838

KORELASI RESISTIVITAS DENGAN PARAMETER TANAH DI KAB.KOTAWARINGIN BARAT KALIMANTAN TENGAH

JOAN SINTONG NUGROHO HUTAPEA
NRP. 0341164000036

DOSEN PEMBIMBING I :
NAMA : Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
NIP. 197601232000031001

DOSEN PEMBIMBING II :
NAMA : Dr. Ir. Amien Widodo, MS
NIP. 195910101988031002

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



KORELASI RESISTIVITAS DENGAN PARAMETER TANAH DI KAB.KOTAWARINGIN BARAT KALIMANTAN TENGAH

JOAN SINTONG NUGROHO HUTAPEA
NRP. 03411640000036

DOSEN PEMBIMBING I :
Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
NIP. 197601232000031001

DOSEN PEMBIMBING II :
Dr. Ir. Amien Widodo, MS.
NIP. 195910101988031002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

CORRELATION OF RESISTIVITY WITH SOIL PARAMETERS IN WEST KOTAWARINGIN REGENCY CENTRAL KALIMANTAN

JOAN SINTONG NUGROHO HUTAPEA
NRP. 0341164000036

ADVISOR I :
Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si.,M.Si.
NIP. 197601232000031001

ADVISOR II :
Dr. Ir. Amien Widodo,MS.
NIP. 195910101988031002

**GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL, PLANING AND GEOENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “KORELASI RESISTIVITAS DENGAN PARAMETER TANAH DI KAB.KOTAWARINGIN BARAT KALIMANTAN TENGAH” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 9 Juli 2020



Joan Hutapea

0341164000036

Halaman ini sengaja dikosongkan



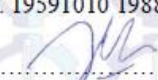

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Joan Sintong Nugroho Hutapea
NRP : 03411640000036
Departemen : Teknik Geofisika
Judul Tugas Akhir : Korelasi Resistivitas Dengan Parameter Tanah Di
Kab. Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 27 Juli 2020

1. 
.....
Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si. (Pembimbing I)
NIP. 19760123 200003 1001
2. 
.....
Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si. (Pembimbing II)
NIP. 19591010 198803 1002
3. 
.....
Anik Hilyah, S.Si, M.T. (Penguji I)
NIP. 19790813 200812 2002
4. 
.....
Dr. Widya Utama, DEA. (Penguji II)
NIP. 19611024 198803 1001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
TEKNIK GEOFISIKA
NIP. 19760123 200003 1001

Halaman ini sengaja dikosongkan

Korelasi Resistivitas Dengan Parameter Tanah Di Kab. Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah

Nama : Joan Sintong Nugroho Hutapea
NRP : 0341164000036
Departemen : Teknik Geofisika
Pembimbing I : Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
Pembimbing II : Dr. Ir. Amien Widodo, MS.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data geolistrik (resistivitas) dan data geoteknik (data bor, SPT, dan uji lab tanah) yang di lakukan di Kab. Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Kondisi bawah permukaan tiap daerah berbeda-beda baik dari litologi maupun besar tahanan jenisnya, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan penampang bawah tanah melalui metode geolistrik tahanan jenis dan mengetahui korelasi nilai resistivitas dengan parameter tanah (*specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index, water content, void ratio*, densitas, saturasi, sudut geser, kohesi, dan N-SPT). Metode Geolistrik merupakan metode geofisika untuk mengetahui struktur batuan dengan menggunakan sifat kelistrikan bumi (nilai resistivitas), sedangkan data bor merupakan metode geoteknik yang dilakukan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah dengan cara pengeboran tanah. 1. Telah didapatkan model 2D bawah permukaan yang terdiri dari litologi pasir lempungan, lempung kaolin, lempung, dan pasir. Range resistivitas yang didapatkan adalah 16,8 - 330 Ωm untuk GL 1, 39,8 - 347 Ωm untuk GL 2, 37,7 - 682 Ωm untuk GL 3, 16,8 - 330 Ωm untuk GL 4, 16,8 - 330 Ωm untuk GL 5. Telah didapatkan model 3D litologi bawah permukaan yang terdiri dari top soil (191 – 686 Ωm), lempung pasir (20,4 – 47,1 Ωm), lempung kaolin (79,4 – 97,7 Ωm), lempung (20,4 – 35,1 Ωm), dan pasir (10,9 – 16,9 Ωm). Didapatkan parameter tanah yang tidak berkorelasi meliputi *specific gravity, liquid limit, plasticity index, void ratio, dry density*, sudut geser. Parameter *water content* ($R^2 = 0,3862$), *plastic limit* ($R^2 = 0,4325$), saturasi ($R^2 = 0,3319$), dan *shear strength* ($R^2 = 0,3582$) memiliki korelasi lemah, dan N-SPT merupakan satu-satunya yang memiliki korelasi sedang dengan $R^2 = 0,5189$. Resistivitas 2D memiliki nilai $R^2 < 0,3$ dengan semua parameter tanah pada penelitian ini, dimana nilai ini masuk kedalam kategori tidak berkorelasi. Sehingga didapatkan nilai korelasi secara kuantitatif daerah penelitian yaitu berdasarkan nilai R^2 .

Kata Kunci: Resistivitas, Geoteknik, Korelasi, Parameter tanah

Halaman ini sengaja dikosongkan

Correlation Of Resistivity With Soil Parameters In West Kotawaringin Regency, Central Kalimantan

Name : Joan Sintong Nugroho Hutapea
NRP : 0341164000036
Department : Geophysical Engineering
Mentor I : Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
Mentor II : Dr. Ir. Amien Widodo, MS.

ABSTRACT

This research was conducted using geoelectrical data (resistivity) and geotechnical data (drill data, SPT, and soil lab tests) conducted in Kab. Kotawaringin Barat, Central Kalimantan. Subsurface conditions vary from both lithology and type of resistivity, therefore this study aims to produce an underground cross section through geoelectric resistivity methods and to determine the correlation of resistivity values with soil parameters (specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index, water content, void ratio, density, saturation, shear angle, cohesion, and N-SPT). Geoelectric method is a geophysical method to determine rock structure using the earth's electrical properties (resistivity values), while drill data is a geotechnical method used to determine subsurface structures by means of soil drilling. 1. A 2D subsurface model has been obtained consisting of lithology of clay sand, kaolin clay, clay, and sand. The resistivity range obtained was 16.8 - 330 Ω m for GL 1, 39.8 - 347 Ω m for GL 2, 37.7 - 682 Ω m for GL 3, 16.8 - 330 Ω m for GL 4, 16.8 - 330 Ω m for GL 5. A 3D subsurface lithology model consisting of top soil (191 - 686 Ω m), sandy loam (20.4 - 47.1 Ω m), kaolin clay (79.4 - 97.7 Ω m), clay (20.4 - 35.1 Ω m) and sand (10.9 - 16.9 Ω m). Obtained uncorrelated soil parameters including specific gravity, liquid limit, plasticity index, void ratio, dry density, shear angle. The parameters of water content ($R^2 = 0.3862$), plastic limit ($R^2 = 0.4325$), saturation ($R^2 = 0.3319$), and shear strength ($R^2 = 0.3582$) have a weak correlation, and N-SPT is one only one that has a moderate correlation with $R^2 = 0.5189$. 2D resistivity has a value of $R^2 < 0.3$ with all soil parameters in this study, where this value falls into the uncorrelated category. So that the quantitative correlation value obtained in the study area is based on the value of R^2 .

Keywords : Resistivity, Geotechnic, Correlation, Soil Parameters

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya berkat anugerah-Nya saja saya bisa menyelesaikan penulisan dan penelitian tugas akhir saya dengan judul *Korelasi Resistivitas Dengan Parameter Tanah Di Kab. Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah*. Penelitian ini tentunya dapat terselesaikan karena adanya dukungan dari berbagai pihak, sehingga saya ingin mengucapkan terimakasih kepada,

1. Orang tua dan keluarga penulis yang tiada hentinya mendukung saya dari awal pembuatan tugas akhir ini sampai sekarang.
2. Bapak Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si dan Bapak Amien Widodo, M.S, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, motivasi dan dukungan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini,
3. Seluruh dosen dan tendik Teknik Geofisika ITS yang juga selalu memberi dukungan,
4. Teman-teman Teknik Geofisika ITS, khususnya angkatan 2016 yang selalu siap membantu dan selalu sabar dalam membantu menulis tugas akhir ini,
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang mendoakan saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Sehingga pengerjaan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Semoga, dengan adanya penelitian ini dapat memberikan pandangan yang lebih luas terkait metode Geofisika dan meningkatkan kontribusi Teknik Geofisika ITS pada dunia keilmiahan.

Surabaya, 22 Juni 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 Geologi Regional.....	5
2.1.2 Geolistrik.....	7
2.1.3 Geoteknik.....	11
2.1.4 Regresi	11
2.2 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI	31
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.2 Data Penelitian.....	31
3.2.1 Data Geolistrik	31

3.2.2 Data Geoteknik	31
3.3 Alat dan Bahan	32
3.4 Alur Kerja.....	32
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.5.1 Studi Literatur	34
3.5.2 Akuisisi Data Resistivitas.....	34
3.5.3 Analisis Data Pengukuran Geoteknik.....	35
3.5.4 Pengolahan Data VES (1D).....	35
3.5.5 Pengolahan Data Wenner.....	35
3.5.6 Analisis dan Interpretasi Data.....	36
3.5.7 Permodelan 3D Bawah Permukaan.....	36
3.5.8 Korelasi Resistivitas dan Parameter Tanah.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil	37
4.1.1 Hasil Pengolahan 2D Wenner	38
4.1.2 Hasil Pengolahan VES 1D	42
4.1.3 Hasil pengolahan 3D	52
4.1.4 Hasil Korelasi Resistivitas 1D dengan Parameter Tanah.....	56
4.1.5 Hasil Korelasi Resistivitas 2D dengan Parameter Tanah.....	66
4.2 Pembahasan.....	76
4.2.1 Hasil Pengolahan Wenner	76
4.2.2 Hasil Pengolahan VES	81
4.2.3 Hasil Pengolahan 3D	83
4.2.4 Hasil Korelasi Resistivitas 1D dengan Parameter Tanah.....	84

4.2.5 Hasil Korelasi Resistivitas 2D dengan Parameter Tanah	87
4.2.6 Pembahasan Korelasi.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	93
BIODATA PENULIS	95

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Kalimantan Tengah	6
Gambar 2.2 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner	8
Gambar 2.3 Ilustrasi perbandingan model bawah permukaan 1-D, 2-D, dan 3-D (Loke, 2004)	9
Gambar 2.4 Resistivitas dari jenis batuan, mineral and cairan kimia (Loke, 1999)	10
Gambar 3. 1 Peta akuisisi daerah penelitian	31
Gambar 3. 2 Alur kerja penelitian tugas akhir	33
Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D GL 1	39
Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2D GL 2	40
Gambar 4. 3 Penampang resistivitas 2D GL 3	40
Gambar 4. 4 Penampang resistivitas 2D GL 4	41
Gambar 4. 5 Penampang resistivitas 2D GL 5	42
Gambar 4. 6 <i>Resistivity Cross-section</i>	43
Gambar 4. 7 Grafik hasil pengolahan VES 1	44
Gambar 4. 8 Hasil pengolahan VES 1	44
Gambar 4. 9 Grafik hasil pengolahan VES 2	45
Gambar 4. 10 Hasil pengolahan VES 2	46
Gambar 4. 11 Grafik hasil pengolahan VES 3	47
Gambar 4. 12 Hasil pengolahan VES 3	48
Gambar 4. 13 Grafik hasil pengolahan VES 4	49
Gambar 4. 14 Hasil pengolahan VES 4	50
Gambar 4. 15 Grafik hasil pengolahan VES 5	51
Gambar 4. 16 Hasil pengolahan VES 5	52
Gambar 4. 17 Penampang 3D model bor	53
Gambar 4. 18 Penampang 3D algoritma Lithoblending	54
Gambar 4. 19 Penampang 3D algoritma Closest Point	55
Gambar 4. 20 Cross section dari model 3D litologi	56
Gambar 4. 21 Grafik korelasi resistivitas Vs. specific gravity	56
Gambar 4. 22 Grafik korelasi resistivitas Vs. liquid limit	57
Gambar 4. 23 Grafik korelasi resistivitas Vs. plastic limit	58
Gambar 4. 24 Grafik korelasi resistivitas Vs. plasticity index	58
Gambar 4. 25 Grafik korelasi resistivitas Vs. water content	59
Gambar 4. 26 Grafik korelasi resistivitas Vs. dry density	60
Gambar 4. 27 Grafik korelasi resistivitas Vs. <i>void ratio</i>	61

Gambar 4. 28 Grafik korelasi resistivitas Vs. saturasi.....	62
Gambar 4. 29 Grafik korelasi resistivitas Vs. sudut geser.....	63
Gambar 4. 30 Grafik korelasi resistivitas Vs. <i>shear strength</i>	64
Gambar 4. 31 Grafik korelasi resistivitas Vs. N-SPT.....	65
Gambar 4. 32 Korelasi Resistivitas 2D Vs. Specific Gravity.....	66
Gambar 4. 33 Korelasi Resistivitas 2D Vs. liquid limit	67
Gambar 4. 34 Korelasi Resistivitas 2D Vs. plastic limit	68
Gambar 4. 35 Korelasi Resistivitas 2D Vs. plasticity index.....	69
Gambar 4. 36 Korelasi Resistivitas 2D Vs. water content	70
Gambar 4. 37 Korelasi Resistivitas 2D Vs. densitas	71
Gambar 4. 38 Korelasi Resistivitas 2D Vs. void ratio.....	72
Gambar 4. 39 Korelasi Resistivitas 2D Vs. saturasi	73
Gambar 4. 40 Korelasi Resistivitas 2D Vs. sudut geser.....	74
Gambar 4. 41 Korelasi Resistivitas 2D Vs. shear strength.....	75
Gambar 4. 42 Korelasi Resistivitas 2D Vs. N-SPT.....	76
Gambar 4. 43 Korelasi data wenner line 1 dengan data bor titik 1	77
Gambar 4. 44 Korelasi data wenner line 2 dengan data bor titik 4.....	78
Gambar 4. 45 Korelasi data wenner line 3 dengan data bor titik 2.....	79
Gambar 4. 46 Korelasi data wenner line 4 dengan data bor titik 2.....	80
Gambar 4. 47 Korelasi data wenner line 5 dengan data bor titik 5.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	15
Tabel 4. 1 Analisis jenis tanah lokasi penelitian	38
Tabel 4. 2 Korelasi resistivitas dan parameter tanah.....	89
Tabel 4. 3 Korelasi resistivitas 2D dan parameter tanah.....	90

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu, hal ini dapat disebabkan karena tumbuhnya kawasan industri atau munculnya daerah pariwisata baru. Kegiatan ekonomi di Kalimantan Tengah meningkat dengan adanya pertumbuhan industri dan pariwisata. Untuk itu dibutuhkan suatu pembangkit listrik yang bisa menunjang kebutuhan listrik di Kalimantan Tengah, dimana di proyek ini akan dibangun pembangkit listrik tenaga gas.

Survei geolistrik telah banyak digunakan dalam kegiatan pemetaan bawah permukaan. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan, salah satunya adalah metode geolistrik yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Keunggulan metode ini adalah dapat di gunakan untuk mengadakan eksplorasi dangkal yang tidak bersifat merusak dalam pendeteksiannya. Metode ini juga terhitung sangat murah dibandingkan dengan metode lain. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner untuk model 2D dan konfigurasi Schlumberger untuk model 1D. Konfigurasi Wenner memiliki kelebihan dimana resolusi lateralnya bagus, dan kekurangan dari konfigurasi ini adalah biayanya yang mahal dibandingkan konfigurasi lain. Konfigurasi Schlumberger memiliki kelebihan yaitu resolusinya yang sangat baik secara vertikal ke bawah, sedangkan kekurangannya adalah pada elektroda MN dimana pembacaannya kecil ketika AB berada sangat jauh. Metode pendugaan kondisi bawah permukaan selain geolistrik adalah geoteknik (SPT, data bor, dan hasil uji lab tanah) dimana metode ini dapat menghasilkan dugaan gambaran kondisi bawah permukaan yang valid beserta properti mekanik geomaterialnya. Hasil pengukuran geoteknik ini nantinya didapatkan nilai parameter tanah seperti (specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index, water content, void ratio, densitas, saturasi, sudut geser, kohesi, dan N-SPT). Pengukuran geoteknik memiliki kekurangan karena membutuhkan biaya yang besar, bersifat destruktif, mobilitas pengukuran yang sulit, dan waktu pengukuran relatif lama. Namun metode ini memberikan data akurat mengenai litologi bawah permukaan dan memberikan gambaran karakteristik tanah secara riil (Rezaei et al., 2018).

Pentingnya dilakukan survei geolistrik dan geoteknik pada daerah penelitian ini adalah karena litologi dan nilai resistivitas tanah bawah permukaan di tiap daerah berbeda-beda. Untuk itu dilakukan integrasi survey geolistrik dan data geoteknik yang dapat memberikan data dan interpretasi yang tepat mengenai profil batuan dan tanah (Sudha et al., 2009). Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui korelasi antara nilai resistivitas dan parameter tanah, dimana nantinya hasil korelasi dapat digunakan untuk memperkirakan nilai parameter tanah dari nilai resistivitas menggunakan rumus empiris yang didapatkan.

Korelasi antara nilai resistivitas dengan hasil uji bor sudah banyak dilakukan, contohnya seperti yang dilakukan oleh (Mustofa, 2019). Kebanyakan dari penelitian tersebut juga bertujuan untuk menghasilkan penampang bawah permukaan. Dari banyaknya penelitian yang sudah dilakukan, hasil korelasi yang didapatkan tidak semuanya memiliki kesamaan. Perbedaan litologi dan variasi nilai resistivitas kemungkinan besar sangat mempengaruhi korelasi antara resistivitas dan parameter tanah. Dari masalah yang telah dipaparkan, untuk mengetahui kondisi bawah permukaan daerah penelitian akan dilakukan pemodelan 2D dari data Wenner dan pemodelan 3D dari data VES. Kemudian data resistivitas tersebut dikorelasikan dengan parameter tanah untuk mendapatkan nilai kuantitatif hubungan kedua parameter..

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penampang 2D bawah permukaan lokasi penelitian berdasarkan data pengukuran geolistrik ?
2. Bagaimana penampang 3D litologi bawah permukaan lokasi penelitian?
3. Bagaimana korelasi nilai resistivitas dan parameter tanah?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Data geoteknik yang digunakan merupakan data sekunder yang terdiri atas 5 titik pengeboran dan hasil uji lab tanah.
2. Pemodelan 3D litologi bawah permukaan dilakukan dari hasil interpretasi data VES 1D dengan validasi data bor.
3. Korelasi antara nilai resistivitas dan parameter tanah didapatkan secara empiris dengan regresi.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini , antara lain :

1. Menghasilkan penampang 2D bawah permukaan lokasi penelitian berdasarkan data pengukuran geolistrik.
2. Menghasilkan penampang 3D litologi bawah permukaan dari hasil interpretasi litologi data VES 1D dengan validasi data bor.
3. Mengetahui korelasi antara nilai resistivitas dengan parameter tanah.

1.5 Manfaat

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi bagi instansi terkait dalam hal ini PT.PLN Persero tentang penampang lapisan bawah tanah daerah penelitian dalam proyek pembangunan PLTG/MG.
2. Sebagai referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian tentang permodelan 2D, permodelan 3D, dan juga korelasi antara resistivitas dengan parameter tanah.

3. Sebagai sarana bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir di Departemen Teknik Geofisika ITS.

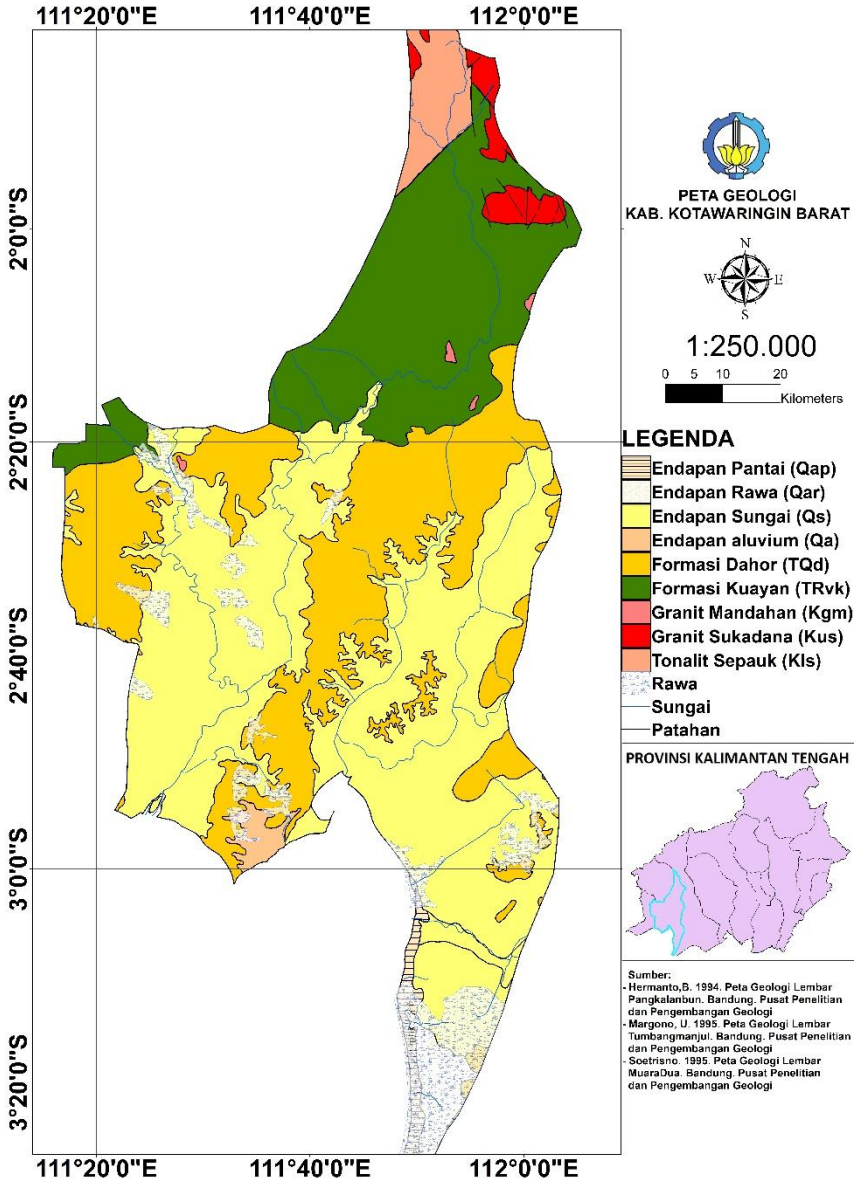
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Geologi Regional

Wilayah penelitian terletak di Kalimantan Tengah yang terletak pada Desa Sungai Kapitan, Kecamatan Kumai, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah. Daerah penelitian masuk kedalaman formasi Dahor, dimana daerah ini merupakan daerah endapan rawa. Peta geologi Pangkalan Bun adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Kabupaten Kotawaringin Barat

Kalimantan Tengah terbentuk dari endapan atau batuan yang terjadi dalam cekungan-cekungan sedimen dan daerah pegunungan yang terbentuk oleh

kegiatan magma ataupun proses malihan (metamorfosa). Cekungan-cekungan yang ada di Kalimantan Tengah terdiri dari :

- Cekungan Melawi (perbatasan dengan Kalimantan Barat)
- Cekungan Barito (bagian Tengah – Selatan - Timur Kalimantan Tengah)
- Cekungan Kutai (bagian Utara - Timur Laut Kalimantan Tengah)

Berdasarkan tatanan tektonik regional daerah penyelidikan merupakan perbatasan kerangka geologi Cekungan Kutai dengan Cekungan Barito yang terbentuk pada zaman Tersier.(Bemmelen, 1949)

Batuan dasar Cekungan Barito adalah batuan Pra-Tersier terdiri dari batuan beku bersifat granitik dan andesitik serta batuan malihan terdiri dari perselingan batulanau dengan batupasir halus sampai kasar dengan sisipan konglomerat dan breksi. Diatas batuan Pra-Tersier ini diendapkan batuan sedimen Tersier yang terdiri dari tua ke muda yaitu:

1. Formasi Tanjung
2. Formasi Berai
3. Formasi Warukin
4. Formasi Dahor
5. Endapan Kuartar (Aluvium). (Sikumbang and Heryanto, 2009)

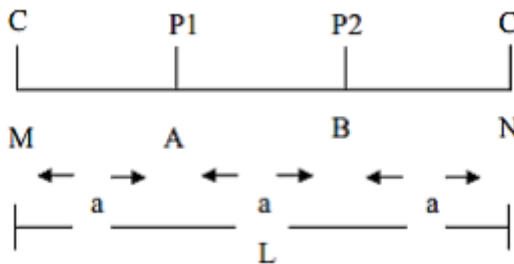
2.1.2 Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik didalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC (Direct current) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Umumnya metode geolistrik ini baik untuk eksplorasi dangkal, yaitu sekitar 100 meter. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan karena melemahnya arus listrik untuk jarak bentang yang semakin besar (Santoso, 2002). Metode pengamatan geofisika pada dasarnya adalah mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik dapat juga bersifat dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Pada metode ini, arus listrik dialirkan ke dalam lapisan bumi melalui dua buah elektroda arus. Dengan diketahuinya harga arus potensialnya maka bisa ditentukan nilai resistivitasnya. Berdasarkan nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis material pada lapisan tersebut (Telford et al., 1990). Berdasarkan teknik pengukuran geolistrik, dikenal dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas mapping dan sounding (*drilling*). Metode geolistrik resistivitas mapping merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Pada pengukuran di lapangan, pembesaran jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi. Oleh karena

itu, alat geolistrik yang baik adalah alat yang dapat menghasilkan arus listrik cukup besar dan mempunyai sensitivitas tinggi (Reynolds, 1997).

2.1.2.1 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik sounding-nya adalah $a/2$, maka jarak masing elektroda arus dengan titik soundingnya adalah $3a/2$. Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah $a/2$. Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik sounding. Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama. Seperti yang tertera pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner

Dari gambar diatas terlihat bahwa jarak $AM = NB = a$ dan jarak $AN = MB = 2a$, diperoleh:

$$K = 2\pi [(1/a - 1/2a) - (1/2a - 1/a)] \tag{2.1}$$

$$K = 2\pi a \tag{2.2}$$

Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah:

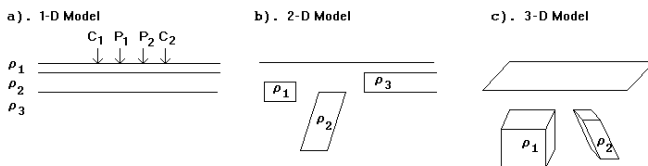
$$K_w = 2\pi a \tag{2.3}$$

$$\rho_w = K_w \cdot R \tag{2.4}$$

2.1.2.2 Konfigurasi Schlumberger

Metode geolistrik dipelopori oleh Schlumberger pada tahun 1920. Pada awal perkembangannya, hingga sekitar 60 tahun, metode geolistrik yang digunakan umumnya adalah survei *sounding*. Metode survei *sounding* dengan

memanfaatkan sifat elektik bumi (geolistrik) umumnya disebut dengan *vertical electrical sounding* (VES). Pada metode ini titik tengah dari konfigurasi elektroda tetap, namun jarak antar elektroda berubah untuk mendapatkan jangkauan yang lebih dalam dari penampang bawah permukaan. Interpretasi data dari metode ini biasanya dilakukan dengan mengasumsikan bawah kondisi bawah permukaan tersusun atas lapisan horizontal. Sehingga, resistivitas bawah permukaan hanya berubah secara vertikal dan konstan secara horizontal. Hasil inversi dari metode ini akan menghasilkan model satu dimensi (1-D) bawah permukaan lokasi penelitian.



Gambar 2.3 Ilustrasi perbandingan model bawah permukaan 1-D, 2-D, dan 3-D (Loke, 2004)

Model 1-D memberikan hasil yang cukup akurat untuk deteksi target yang bersifat vertikal, atau mendeteksi perubahan terhadap kedalaman, contohnya pada eksplorasi muka air tanah. Limitasi atau kekurangan dari metode *resistivity sounding* adalah ketidakmampuannya mendeteksi perubahan lateral, karena model perlapisan horizontal yang ideal jarang ditemukan di lapangan (Loke, 2004).

Jika diasumsikan bumi terdiri atas lapisan horizontal homogen isotropis sejumlah n dengan resistivitas tiap lapisannya $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$, suatu prisma dari luasan penampang satuan persegi dari lapisan tersebut memiliki parameter Dar Zarrouk (*D.Z. parameters*) yang terdiri atas resistansi transversal (*transverse resistance*) T dan konduktivitas longitudinal (*longitudinal conductivity*) S yang diberikan sebagai berikut,

$$T = \sum_{i=1}^n \rho_i m_i \quad (2.5)$$

dan

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\rho_i} \quad (2.6)$$

(Zohdy, 1965)

2.1.2.3 Resistivitas Batuan

Nilai resistivitas ini tergantung pada derajat pelapukan, dan persentasi rekahan yang terisi oleh air tanah. Batuan sedimen umumnya lebih lulus air dan mempunyai kandungan air. Umumnya batuan sedimen mempunyai resistivity yang lebih rendah. Tanah basah dan air tanah segar mempunyai resistivity rendah. Tanah lempungan mempunyai resistivity rendah dari pada tanah pasir. Akan tetapi patut dicatat terdapat resistivity yang tumpang tindih antara beberapa jenis batuan and tanah/soil. Hal ini dikarenakan resistivity jenis batuan tertentu atau contoh tanah tergantung pada beberapa faktor antara lain porositas, tingkat kejenuhan air dan konsentrasi garam terlarut. Berikut nilai resistivitas menurut Loke :

Material	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	Conductivity (Siemen/m)
Igneous and Metamorphic Rocks		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^3 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and waters		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea water	0.2	5
Chemicals		
Iron	9.074×10^{-8}	1.102×10^7
0.01 M Potassium chloride	0.708	1.413
0.01 M Sodium chloride	0.843	1.185
0.01 M acetic acid	6.13	0.163
Xylene	6.998×10^{16}	1.429×10^{-17}

Gambar 2.4 Resistivitas dari jenis batuan, mineral and cairan kimia (Loke, 1999)

2.1.3 Geoteknik

2.1.3.1 Standart Penetration Test (SPT)

Pada pembangunan teknik sipil terdapat potensi kegagalan dalam pembangunan sehingga dapat didukung dengan melakukan control soil test yang baik. Adapun dalam melakukan penyelidikan tanah di lapangan dapat digunakan metode geofisika yaitu metode geolistrik dan geoteknik berupa SPT (Standart Penetration Test) serta dilakukan penyelidikan tanah di laboratorium untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah.

Metode pengujian tanah dengan SPT (Standart Penetration Test) termasuk cara yang cukup ekonomis dan relatif mudah untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan tanah dan diperkirakan 85% dari desain pondasi menggunakan cara ini. SPT merupakan alat uji tanah yang memiliki kelebihan karena terdiri dari beberapa komponen yang sederhana, mudah dipasang, mudah ditransformasikan dan dapat diandalkan dalam penyelidikan tanah. Pengujian SPT dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu sesuai kedalaman yang diinginkan, kemudian split spoon sampler dimasukkan ke dalam lubang bor, selanjutnya ditumbuk palu seberat 63,5 kg dan dijatuhkan dari ketinggian 75 cm. Setelah ditumbuk sedalam 15 cm, maka selanjutnya dicatat jumlah pukulan (nilai N-SPT) yang diperlukan untuk menumbuk sedalam 30 cm.

2.1.3.2 Boring

Boring atau pengeboran yang disebut disini adalah pengeboran dalam konteks penyelidikan geoteknik. Boring adalah pekerjaan pembuatan lubang tanah untuk pengambilan sampel tanah asli dan penyelidikan kondisi tanah. Pengambilan sampel tanah selama boring dapat berupa undisturbed soil dan disturbed soil. Tanah terganggu (disturbed soil) merupakan tanah yang memiliki distribusi ukuran partikel sama dengan tanah aslinya, tetapi strukturnya telah cukup rusak atau hancur dan berbeda dengan stuktur tanah aslinya. Tanah tak terganggu (undisturbed soil) merupakan tanah yang memiliki sifat dan karakteristik yang sama dengan kondisi tanah asli di tempat aslinya karena belum terganggu oleh factor luar. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu biasanya dilakukan untuk penyelidikan lebih lanjut sifat fisik tanah di laboratorium. Sifat fisik yang biasanya diselidiki diantaranya bulk density, porositas, permeabilitas, kandungan mineral dan kimia, kadar air (saturasi), dan sebagainya. (Prayogo and Saptowati, 2016)

2.1.4 Regresi

Regresi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menjelaskan hubungan atau pengaruh suatu variable dengan variable lain (Hosmer et al., 2000). Analisis regresi didefinisikan sebagai suatu studi untuk menjelaskan ketergantungan suatu variabel, variabel terikat (*dependent variable*), terhadap satu atau lebih variabel lain yang dikenal dengan variabel eksplanatori (*explanatory variable*) untuk mengestimasi atau memprediksi rata-

rata populasi dan keterkaitan antar variabel (Gujarati, 2003). Dalam beberapa kasus, analisis regresi erat kaitannya dengan analisis korelasi. Analisis korelasi memiliki tujuan untuk mengukur tingkat kekuatan (*strength*) dan derajat (*degree*) hubungan linier antar dua variabel dengan menggunakan koefisien korelasi. Berbeda dengan hal tersebut, analisis regresi dilakukan estimasi atau prediksi nilai rata-rata suatu variabel didasarkan pada nilai tetap variabel lain. Pada analisis regresi terdapat hubungan asimetri dalam kaitannya dengan perlakuan terhadap variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat diasumsikan bersifat statistik, acak, dan mempunyai distribusi stokastik. Sedangkan variabel bebas atau prediktornya diasumsikan memiliki nilai tetap (Gujarati, 2003).

2.1.4.1 Regresi Linier

Dalam menjelaskan hubungan linier antara n variabel bebas dan terikat, dapat digunakan persamaan berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \tag{2.7}$$

dimana Y_i , β_i , x_i , dan ε_i secara berturut-turut merupakan nilai variabel terikat ke- i , koefisien regresi atau slop, nilai variabel bebas ke- i , dan error. Secara umum persamaan diatas dapat dituliskan dengan,

$$y = X\beta + \varepsilon \tag{2.8}$$

(Yanti et al., 2014)

2.1.4.2 Regresi Non-Linier

Dalam kasus hubungan antar variabel tidak linier, maka digunakan analisis regresi non linier. Bentuk umum hubungan regresi non linier sebagai berikut :

$$Y_i = f(X_{i,y} + \varepsilon) \tag{2.9}$$

dengan Y_i merupakan fungsi respon non linier dari parameternya (Yanti et al., 2014). Terdapat beberapa bentuk persamaan regresi non linier, beberapa diantaranya yaitu :

- a. Bentuk polinomial (orde 2)

$$Y = a + bX + cX^2 \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.10)$$

dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, maka nilai a, b, dan c dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sum Y_i = na + b \sum X_i + c \sum X_i^2 \quad (2.11)$$

$$\sum X_i Y_i = a \sum X_i + b \sum X_i^2 + c \sum X_i^3 \quad (2.12)$$

$$\sum X_i^2 Y_i = a \sum X_i^2 + b \sum X_i^3 + c \sum X_i^4 \quad (2.13)$$

b. Bentuk geometri atau *power*

$$Y_i = aX_i^b \varepsilon_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

besarnya parameter β_0 dan β_1 ditentukan dengan persamaan :

$$\log a = \frac{\sum \log Y_i}{n} - b \left(\frac{\sum X_i}{n} \right) \quad (2.15)$$

$$b = \frac{n(\sum \log X_i \log Y_i) - (\sum \log X_i)(\sum \log Y_i)}{n \sum \log^2 X_i - (\sum \log X_i)^2} \quad (2.16)$$

c. Bentuk eksponensial

$$Y_i = ab^{X_i} \quad (2.17)$$

besarnya parameter a dan b ditentukan dengan persamaan :

$$\log a = \frac{\sum \log Y_i}{n} - (\log b) \left(\frac{\sum X_i}{n} \right) \quad (2.18)$$

$$\log b = \frac{n(\sum X_i \log Y_i) - (\sum X_i)(\sum \log Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.19)$$

d. Bentuk logistik

$$Y = \frac{1}{ab^{X+c}} \quad (2.20)$$

besarnya parameter a dan b ditentukan dengan persamaan :

$$\log a = \frac{\sum \log\left(\frac{1}{Y_i}\right)}{n} - (\log b)\left(\frac{\sum X_i}{n}\right) \quad (2.21)$$

$$\log b = \frac{n\left(\sum X_i \log\left(\frac{1}{Y_i}\right)\right) - (\sum X_i)\left(\sum \log\left(\frac{1}{Y_i}\right)\right)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.22)$$

dengan Y_i variabel terikat, X_i variabel terikat, a parameter konstanta, b parameter koefisien regresi, ε_i error dengan mean, dan n jumlah data (Universitas Komputer Indonesia, 2010).

2.1.4.3 Koefisien Determinasi

Salah satu parameter dalam regresi adalah koefisien determinasi, R^2 . Parameter ini menentukan seberapa bagus tingkat kesesuaian sebaran data dengan garis regresi. Koefisien determinasi menunjukkan tingkat variasi dari variabel terikat, atau *regressand*, dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel bebas, atau *regressor*. Besarnya nilai R^2 antara 0 dan 1, semakin mendekati nilai 1, maka garis regresi semakin sesuai (*fit*) dengan sebaran data. Persamaan untuk mencari nilai koefisien determinasi diberikan sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2 - \sum(Y_i - \hat{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.23)$$

(Gujarati, 2003)

2.2 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu terkait korelasi metode geolistrik dengan geoteknik di daerah penelitian antara lain:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama, Tahun	Penerapan	Lokasi lapangan	Hasil signifikan dan kesimpulan
1	(Mustofa, 2019)	Integrasi Metode Vertical Electrical Sounding (VES) dan Parameter Geoteknik Dalam Pemodelan 3D Bawah Permukaan : Studi Kasus Litologi Lempung	Tuban : Formasi Kujung	Telah dilakukan integrasi kedua metode dalam pemodelan 3D bawah permukaan untuk melengkapi kekurangan masing-masing metode pada daerah litologi lempung dan dilakukan pula korelasi nilai resistivitas dan parameter geoteknik. Hasil pemodelan 3D didapatkan 3 lapisan, yaitu top soil (4 – 13 Ω m), claystone (1 – 3,8 Ω m), dan mudstone (1,3 – 3,5 Ω m). Metode geoteknik membantu dalam proses interpretasi untuk mengurangi ambiguitas dan metode VES memberikan hasil yang detail karena persebaran titiknya yang baik. Korelasi resistivitas dan parameter geoteknik (specific gravity, Atterberg limit, plasticity index, densitas, water content, void ratio, porositas, saturasi, dan permeabilitas)

				<p>menunjukkan parameter tersebut tidak memiliki korelasi ($R^2 = 0 - 0,3$) hingga berkorelasi rendah ($R^2 = 0,3 - 0,5$) untuk seluruh parameter pada dataset yang dimiliki. Parameter yang memiliki korelasi sangat kuat hanya ditunjukkan oleh transverse resistance dengan N-SPT dengan persamaan, $y = 1,07x - 1,794$, yang memiliki $R^2 = 0,92$.</p>
2	(Arsyad et al., 2013)	<p>Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Integrasi Data Geofisika Tahanan Batuan dan Geoteknik N-SPT</p>	<p>Poros Jalan Nasional Majene-Mamuju Sulawesi Barat</p>	<p>Studi ini memaparkan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan integrasi data geofisika dan geoteknik. Data geofisika dilakukan melalui penyelidikan geolistrik tomografi dengan konfigurasi Wenner dan Wenner Schlumberger, dan geoteknik dengan metode bor inti dan pengujian standard penetration test (SPT). Tanah longsor pada Poros Jalan Nasional Majene-Mamuju Sulawesi Barat (Km. 426+500) menjadi lokasi studi dengan kondisi geologi berformasi Gunungapi Adang dan berelief terjal ($15^\circ-30^\circ$).</p>

				<p>Stratifikasi batuanya adalah pasir lempung, tufa dan kemudian batupasir. Dari hasil studi didapatkan bahwa pengujian geofisika mampu mengobservasi stratifikasi batuan dan mengidentifikasi bidang sentuh antara lapisan batuan masif dan batuan lapuk (tanah) yang kemudian dikategorikan sebagai bidang gelincir. Bidang gelincir ini terkonfirmasi oleh simulasi numerik berdasarkan data geoteknik. Dapat diindikasikan pula adanya korelasi empirik antara resistivitas batuan dan nilai N-SPT. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pengembangan integrasi metode geolistrik dan N-SPT pada analisa kestabilan lereng yang lebih akurat.</p>
3	(Souisa, 2018)	Kajian Gerakan Tanah Melalui Integrasi Multidisiplin	Longsor Amahusu Kecamatan Nusaniwe Ambon	<p>Telah digunakan banyak metode untuk mengkaji permasalahan gerakan tanah dari sudut pandangan pendekatan satudisiplin, interdisiplin maupun multidisiplin. Beberapa metode sedang dikembangkan untuk</p>

				<p>dipadukan dalam investigasi gerakan tanah (longsor) selama dekade terakhir ini, fokus studi diarahkan menggunakan multidisiplin dengan pendekatan geolistrik, geoteknik dan geokimia untuk menentukan potensi gerakan tanah (longsor) Amahusu sehingga dapat memberikan mitigasi gerakan tanah. Hasil penelitian memberikan bidang gelincir longsor Amahusu dicirikan oleh anomali resistivitas dari struktur lapisan bawah permukaan yang rendah ($< 50.0 \Omega.m$) hingga sedang ($50.0 - 200.0 \Omega.m$), dan anomali ini mengindikasikan citra resistivitas jenis batuan lempung dan lempung pasir, sedangkan anomali geoteknik teridentifikasi adanya tanah lempung lanau dan lanau pasir, dan berdasarkan nilai faktor keamanan lereng ($FS < 1.25$) dalam keadaan kritis. Sedangkan anomali geokimia pada proses pelapukan</p>
--	--	--	--	---

				<p>menyebabkan terjadinya penghalusan mineral sehingga persentase fraksi ukuran butir lempung menjadi lebih besar jika dibandingkan di bagian atas dan bawahnya maka akumulasi fraksi lempung yang ada di bagian bawah menjadi bidang gelincir yang memicu longsor. Berdasarkan perpaduan ini, anomali-anomali saling berkorelasi dan tersebar di sekitar lokasi longsor. Oleh karena itu, masih terdapat longsor susulan jika dipicu oleh hujan di atas normal dan masih tetap berada di sekitar lokasi longsor, sedikit bergerak ke arah timur laut dengan jangkauan yang sedikit meluas.</p>
4	(Ali et al., 2018)	Kajian Geoteknik untuk Perencanaan Pembangunan Pemukiman Baru pada Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah	Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah	<p>Pengembangan dan pembangunan di Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah semakin pesat, terutama seiring dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat. Salah satu langkah yang perlu diambil untuk mengurangi nilai</p>

				<p>risiko dalam mengembangkan lahan adalah dengan melakukan kajian geoteknik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis, sifat fisik, dan sifat mekanika tanah, menentukan pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah, dan memberikan rekomendasi rekayasa teknik untuk menambah daya dukung tanah pada lokasi penelitian.</p> <p>Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi pengambilan sampel, <i>disturbed</i> dan <i>undisturbed</i>, menggunakan bor tangan, pemetaan geoteknik, dan uji sondir. Sampel bor disiapkan untuk uji sifat fisik tanah.</p> <p>Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah endapan gambut, lempung, dan lanau berlempung, yang bersifat jenuh, ekspansif, konsistensi sangat lunak – keras, dan kondisi air tidak dapat mengalir keluar rongga pori. Nilai q_u berdasarkan data sondir</p>
--	--	--	--	--

				<p>pada kedalaman 1 – 6 m, sebesar 56,80 – 66,32 ton/m², dan qa sebesar 18,93 – 22,11 ton/m², sedangkan nilai qu berdasarkan data laboratorium sebesar 0,65 – 2,48 ton/m², dan qa sebesar 0,22 – 0,83 ton/m². Rekomendasi rekayasa teknik untuk menambah daya dukung tanah, dapat menggunakan pondasi cerucuk untuk pondasi rumah, dan penggunaan geotekstil serta penambahan tanah urugan pada jalan yang berada di lingkungan pemukiman.</p>
5	(Asmara, 2017)	Aplikasi Metode Resistivitas 2D dalam Permodelan Kestabilan Lereng pada Daerah Rawan Longsor Studi Kasus: Desa Olak Alen, Selorejo, Blitar	Desa Olak Alen, Selorejo, Blitar.	Salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor adalah adanya zona tersaturasi air. Zona tersaturasi air merupakan zona di bawah permukaan yang memiliki konsentrasi air yang tinggi dan sukar untuk meloloskan air. Pengukuran dilakukan pada empat lintasan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger. Hasil geolistrik menunjukkan zona saturasi air dengan

				<p>nilai resistivitas 4,39 – 9,29 Ωm pada kedalaman 6 – 16 meter. Berdasarkan data geologi struktur, arah struktur retakan adalah N 191o E menunjukkan arah pergerakan material longsor secara rotational. Dari hasil data pengeboran, material daerah penelitian seragam yaitu pasir kelanauan. Dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat fisis tanah yang digunakan untuk komputasi analisis kestabilan lereng yaitu bobot isi material, kohesi, dan sudut geser dalam. Dari hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode Bishop, lintasan 1 memiliki nilai FK sebesar 1,057 dengan daerah aman adalah 26 meter dari titik longsor; lintasan 2 adalah 1,090 daerah aman 12 meter dari titik longsor; dan lintasan 3 adalah 1,181 daerah aman adalah 9 meter dari titik longsor. Dari analisis data geolistrik, geologi, dan geoteknik terbukti memiliki korelasi satu sama lain dalam analisis kelongsoran pada daerah penelitian.</p>
--	--	--	--	--

6	(Siddiqui and Osman, 2012)	Integrating Geo-Electrical Data for Soil Characterization	Universiti Teknologi PETRO NAS, Perak, Malaysia	<p>Penentuan properti teknik yang tepat tanah sangat penting untuk desain yang tepat dan konstruksi yang sukses struktur apa pun. Metode konvensional untuk penentuan sifat rekayasa bersifat invasif, mahal dan memakan waktu. Survei resistivitas listrik adalah alat yang menarik untuk menggambarkan sifat bawah permukaan tanpa gangguan tanah. Andal korelasi antara tahanan listrik dan tanah lainnya properti akan memungkinkan kita untuk mencirikan tanah bawah permukaan tanpa pengambilan sampel lubang bor. Makalah ini menyajikan pendahuluan hasil penelitian yang sedang berlangsung pada korelasi listrik resistivitas dengan sifat kekuatan tanah. Investigasi tanah, survei resistivitas listrik medan (VES) dan listrik laboratorium pengukuran resistivitas dilakukan. Dari data analisis, korelasi signifikan telah diperoleh antara</p>
---	----------------------------	---	---	--

				<p>resistivitas dan kadar air dan sudut gesekan internal.</p> <p>Korelasi yang lebih lemah telah diamati untuk kohesi dan unit berat tanah.</p>
7	(Abd El-Gawad et al., 2018)	<p>Application of geoelectrical measurements for detecting the ground-water seepage in clay quarry at Helwan, southeastern Cairo, Egypt</p>	<p>Southeastern Cairo, Egypt</p>	<p>Hasilnya menunjukkan lewatnya air tanah daerah-daerah yang berdekatan melalui jalur-jalur saluran terbentuk sebagai hasil dari proses penggalian. Seluruh diukur area, ada beberapa lensa pasir diselingi dengan tanah liat & selama proses penggalian, beberapa saluran terbentuk dan air tanah mulai meresap melalui saluran-saluran ini membentuk banyak kolam air di sepanjang tambang lantai.</p>
8	(Nwosu et al., 2019)	<p>Integration of Geoelectrical and Geotechnical Data for Soil Characterization in Parts of Owerri Metropolis Southeastern Nigeria</p>	<p>Parts of Owerri Metropolis Southeastern Nigeria</p>	<p>Meningkatnya tingkat proyek bangunan dan konstruksi di Owerri Metropolis mengingat sifat topografi mengharuskan evaluasi yang tepat dari dasar pondasi dalam kaitannya dengan ketinggian, untuk menilai kesesuaian tanah untuk struktur teknik. Akibatnya, pendekatan geolistrik dan geoteknis terintegrasi untuk</p>

				<p>menyelidiki karakteristik tanah diadopsi. Sepuluh Vertikal Listrik Sounding (VES) dilakukan menggunakan meter resistivitas OHMEGA-500 untuk memperoleh data yang dianalisis menggunakan paket Perangkat Lunak 1D Geosciences Incorporation (AGI) canggih. Di setiap lokasi VES, ketinggian dan koordinat diukur dan sampel tanah yang dikumpulkan hingga kedalaman 2m dikelompokkan untuk membentuk tiga sampel komposit sesuai dengan ketinggian area studi yaitu ketinggian tinggi, sedang dan rendah. Sampel kemudian dikenakan uji laboratorium untuk parameter geoteknik. Tanah lapisan atas terdiri dari pasir dan laterit dengan resistivitas mulai dari 41.6Ωm hingga 7532Ωm dan ketebalan 3.2m. Ketinggian berkisar dari 140 kaki hingga 450 kaki. Hasil geoteknik mengungkapkan kadar air 11,33 hingga 14,33%, batas cair 19,2</p>
--	--	--	--	---

				<p>hingga 22,8 dan indeks plastik (PI) nol, tidak menunjukkan tanah plastik. Analisis ukuran butiran mengungkapkan pasir padat sedang dengan kerikil atau lanau yang dapat diabaikan. Hasil uji pemadatan memberikan Maximum Dry Density (MDD) dan Optimum Moisture Content (OMC) masing-masing 1,8 hingga 1,99 dan 13 hingga 15%. Uji triaksial mengungkapkan sudut gesekan internal 18 hingga 27 dengan nilai kohesi mulai dari 20KN / m² hingga 49KN / m² menunjukkan kekuatan tinggi terhadap geser dan kecenderungan tinggi untuk menahan beban. Semua parameter yang diukur termasuk dalam standar yang direkomendasikan terlepas dari variasi ketinggian.</p>
9	(Nwosu et al., 2017)	Integration of Geoelectrical and Geotechnical Data for Evaluation of the Structural Disposition of the Foundation Beds within the	Universitas Port Harcourt	<p>Investigasi geofisika dan geoteknis terintegrasi dilakukan di dalam dan sekitar Kampus Abuja (Taman Abuja) Universitas Port Harcourt untuk mengevaluasi kompetensi pembentukan</p>

		University of Port Harcourt, Nigeria		<p>permukaan dekat untuk pondasi struktur teknik dengan tujuan memprediksi tindakan perbaikan untuk kemungkinan kegagalan.</p> <p>menghubungkan jalan dan pondasi struktur teknik. Penelitian dilakukan dalam dua fase. Pada yang pertama, enam sounding listrik vertikal (VES) dilakukan di dalam Universitas menggunakan konfigurasi elektroda Schlumberger dan penyebaran elektroda 400m untuk menentukan variasi resistivitas dengan kedalaman. ABEM Terrameter 1000C dengan booster 2000C untuk penetrasi yang lebih baik digunakan untuk memperoleh data lapangan yang diproses dan ditafsirkan menggunakan Computer Model Software (P12WIN) Versi 3.0 (2003). Enam sampel tanah dikumpulkan pada fase kedua di setiap titik suara dengan kedalaman 1 hingga 3 meter ke dalam bumi. Sampel tanah menjadi sasaran uji laboratorium</p>
--	--	--------------------------------------	--	---

				<p>dan analisis untuk penentuan parameter geoteknik dasar dari sampel tanah. Hasil VES menunjukkan berbagai lapisan geolistrik dengan berbagai resistivitas dan ketebalan. Nilai rata-rata resistivitas dari tanah teratas yang membentuk dasar pondasi berkisar dari 2,792 Ωm hingga 1185.2Ωm. Ketebalan lapisan atas tanah berkisar dari 2,71 m hingga 6,92 m. Uji pemadatan tanah mengungkapkan variasi kepadatan kering dengan kadar air dengan Maximum Dry Density (MDD) 1912kgm⁻³ dan Optimum Moisture Content (OMC) 20% ditentukan untuk area tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa disposisi struktural atau kompetensi bawah permukaan cukup baik untuk pondasi struktur teknik di sebagian besar wilayah Universitas. Rekomendasi tindakan perbaikan untuk mencegah kemungkinan kegagalan dibuat.</p>
--	--	--	--	---

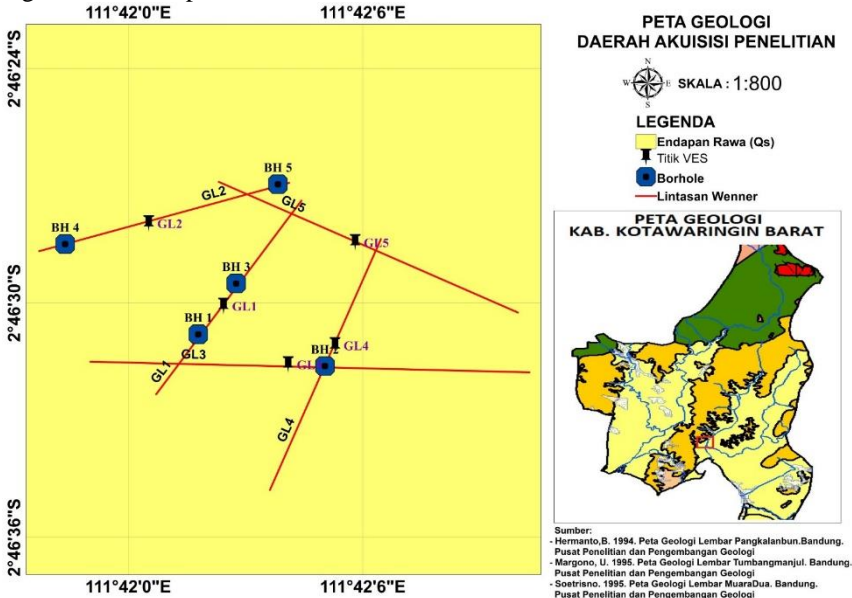
10	(Devi et al., 2017)	Subsurface soil characterization using geoelectrical and geotechnical investigations at a bridge site in Uttarakhand Himalayan region	Himalaya	Korelasi ini hasil dari fakta bahwa di tanah bawah permukaan baik variasi resistivitas listrik dan kekuatan tanah yang diukur oleh SPT dikendalikan oleh sifat-sifat tanah: distribusi ukuran butir, kekompakan, porositas dan saturasi air. Telah diamati bahwa nilai-N lebih kecil dari 16 tidak dapat diandalkan dan tidak konsisten. Di River Borne Material (RBM) di Tepi Barat, itu disebabkan oleh adanya kerikil kasar, sementara di Tepi Timur itu adalah karena batu-batu besar. Nilai-N lebih besar dari 16 terutama berkaitan dengan formasi batuan lapuk. Untuk nilai-nilai ini, ada hubungan linier antara nilai-N dan resistivitas dengan koefisien korelasi yang lebih besar dari 0,80. Koefisien hubungan linier di kedua bank bervariasi karena jumlah konten tanah liat yang bervariasi. Hubungan seperti itu penting untuk situs mana pun di medan Himalaya yang berat karena dapat digunakan sebagai alternatif SPT
----	---------------------	---	----------	--

				untuk menentukan parameter kekuatan tanah dari ERT.
--	--	--	--	---

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada minggu ke 4 bulan nopember 2019. Lokasi penelitian berada Desa Sungai Kapitan, Kecamatan Kumai, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah. Berikut Peta akuisisi yang digunakan untuk penelitian ini.



Gambar 3. 1 Peta akuisisi daerah penelitian

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa data geolistrik dan digunakan pula data sekunder berupa data geoteknik. Dalam penelitian tugas akhir kali ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari pihak ketiga. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data Geolistrik

Data geolistrik diakuisisi menggunakan konfigurasi Wenner berjumlah 5 line dan menggunakan konfigurasi VES sebanyak 5 titik

3.2.2 Data Geoteknik

Data geoteknik yang digunakan terdiri atas data *boring*, data *standard penetration test* (SPT), sampel tanah (*disturbed* dan *undisturbed*) dan data uji laboratorium. Data geoteknik terdiri atas 5 titik pengukuran. Sampel tanah yang

didapatkan dari hasil pengukuran geoteknik selanjutnya diidentifikasi jenis tanahnya dan dilakukan uji laboratorium untuk mendapatkan parameter tanah.

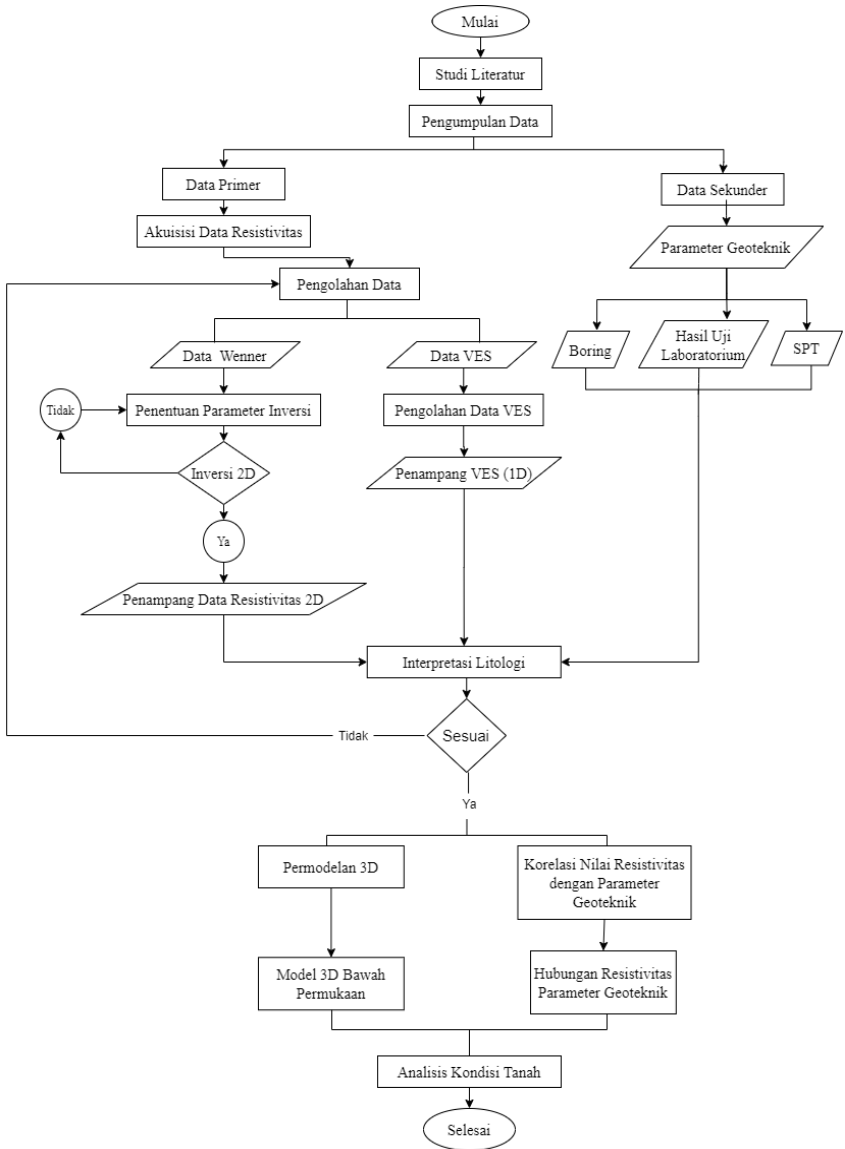
3.3 Alat dan Bahan

Dalam menunjang penelitian lapangan diatas beberapa alat dan perlengkapan yang dipergunakan penulis dalam membantu pengambilan data di lapangan antara lain;

- a. Alat single channel resistivity meter (1)
- b. Multimeter (2)
- c. Inverter (1)
- d. Aki (1)
- e. Meteran ukuran 100 meter (2)
- f. Kabel (4)
- g. Elektroda (4)
- h. Handy Talkie (4)
- i. Datasheet
- j. Alat tulis
- k. Laptop

3.4 Alur Kerja

Alur kerja pada penelitian ini digambarkan melalui diagram alir berikut:



Gambar 3. 2 Alur kerja penelitian tugas akhir

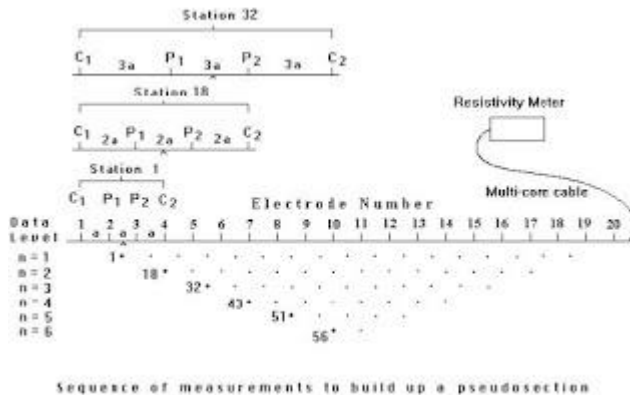
3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi dan referensi terkait penelitian yang dilakukan meliputi data geologi, penelitian terdahulu yang pernah dilakukan serta penelitian metode resistivitas di daerah penelitian. Melalui studi literatur akan dirumuskan teori pendukung dan bagaimana penelitian ini dilakukan semestinya.

3.5.2 Akuisisi Data Resistivitas

Pengambilan data merupakan tahap untuk mendapatkan data geolistrik. Pengambilan data ini dilakukan menggunakan alat resistivity meter. Pada pengambilan data dengan konfigurasi Wenner ini, semua elektroda yang digunakan bergerak sesuai dengan jarak yang ditentukan. Jarak setiap elektroda pada konfigurasi wenner memiliki jarak yang sama dengan posisi MN di antara AB dalam artian urutan dari kiri ke kanan A M N B. Jarak antar elektroda biasa di simbolkan dengan a. Satu kali perjalanan dari titik 0 hingga titik terakhir bentangan disimbolkan dengan N (remark). Ketika nilai a berubah maka simbolnya berubah menjadi N2 sebagai penanda nilai a berubah di perpanjang dari sebelumnya. Berikut gambaran sekilas pengambilan data Wenner.



Untuk pengambilan data Schlumberger ini, paling sering bergerak adalah elektroda arus, yaitu AB, sedangkan untuk elektroda potensial yaitu MN sering diam hanya beberapa kali saja pindah. Penentuan jarak AB dan MN dilakukan dari tengah atau biasa diukur dari alat itu diletakkan. Panjang yang dihitung adalah panjang setengah bentangan, dalam artian jarak yang ada di table adalah jarak tengah atau alat menuju elektroda. Untuk memulai pengukuran pertama harus dipastikan adalah semua kabel terhubung dari alat ke elektroda dengan kabel current yang menghubungkan ke elektroda arus dan kabel potensial terhubung ke elektroda potensial. Pengambilan data dilakukan setelah semua elektroda

terpasang dan terhubung dengan alat. Pengukuran dimulai dengan memutar tuas On kemudian memutar tuas current agar ada arus yang diinjeksikan sehingga dapat mendapatkan nilai tegangan dan arus listrik yang kembali. Setelah terangkai semua, putar tuas coarse dan fine hingga nilai V mendekati 0 atau jika bisa memiliki nilai 0. setelah itu tekan tombol start hingga nilai I stabil. Jika nilai I stabil, maka nilai itulah yang dituliskan di lembar kerja dan nilai V pada saat I stabil juga lah yang dituliskan pada lembar kerja. Untuk mempermudah, dapat melakukan hold ketika nilai I sudah terbaca sehingga nilai V tidak akan hilang.

3.5.3 Analisis Data Pengukuran Geoteknik

Data pengukuran geoteknik merupakan data sekunder yang terdiri atas beberapa pengukuran, yang meliputi *boring*, *standard penetration test* (SPT), dan uji laboratorium menggunakan sampel tanah yang diambil. Dari pengukuran yang telah disebutkan diatas, dilakukan interpretasi data untuk menentukan jenis tanah dan litologi daerah penelitian. Jenis tanah dan litologi ini akan digunakan sebagai model awal dalam proses pengolahan data VES. Selain itu, nilai-nilai parameter geoteknik dan tanah juga diinterpretasi untuk mendapatkan karakteristik tanah dan nantinya akan dikorelasikan dengan nilai resistivitas hasil pengolahan data VES. Data parameter tanah yang dimiliki pada penelitian kali ini yaitu jenis tanah, densitas kering, *water content*, *atterberg limit* (*liquid limit*, *plastic limit*, *plasticity index*), *void ratio*, saturasi, *specific gravity*, sudut geser, *shear strength*, dan N-SPT.

3.5.4 Pengolahan Data VES (1D)

Langkah awal pengolahan data VES dilakukan *quality control* dan proses koreksi *shifting* pada *raw data* pada *software* Microsoft Office Excel. Hal ini dimaksudkan agar input data yang diberikan memiliki kualitas yang baik dan menghilangkan efek *noise* dari proses akuisisi data. Data yang dianggap telah memiliki kualitas yang baik selanjutnya dikondisikan agar sesuai dengan format input data pada *software* IP2win. Input data yang dibutuhkan yaitu jarak antar elektroda, nilai beda potensial V, dan nilai arus I. Selanjutnya dilakukan input data pada IP2win. Proses pengolahan data dan inversi data geolistrik/VES pada *software* ini dilakukan dengan cara *curve fitting*. Proses *curve fitting* merupakan proses pencocokan antara kurva data pengukuran dengan kurva model yang kita gunakan, sehingga dapat diprediksi model bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitasnya. Pada proses ini, digunakan interpretasi litologi dari data *boring* sebagai pengontrol model awal. Hasil dari pengolahan data VES adalah model 1D resistivitas bawah permukaan dan didapatkan 5 model sesuai jumlah titik pengukuran.

3.5.5 Pengolahan Data Wenner

Langkah pertama yaitu menyiapkan terlebih dahulu data sintetik dalam Langkah pertama yaitu menyiapkan terlebih dahulu data sintetik dalam bentuk *Microsoft Excel* kemudian melakukan pengolahan data dimulai dengan membagi nilai V dengan nilai I untuk menghasilkan nilai R. Kemudian dilanjutkan dengan

menghitung nilai k atau factor geometri dengan mengalikan 2π dengan jarak atau spasi elektroda (a). Selanjutnya menghitung nilai ρ dengan mengalikan nilai dengan R . Setelah didapat nilai ρ maka dilanjutkan dengan menghitung nilai DP (*Datum Point*) dan kedalaman (Z). Langkah kedua kemudian dari data-data yang telah diperoleh dari *microsoft excel* dipindah ke notepad untuk disimpan dengan format *.dat*. agar dapat terbaca dalam *software res2dinv*. Langkah ketiga yaitu pengolahan data wenner menggunakan *software res2dinv* dengan menggunakan inversi *least-square* dan langkah yang terakhir adalah menginterpretasi dari hasil yang telah didapat dan selanjutnya membuat sebuah kesimpulan.

3.5.6 Analisis dan Interpretasi Data

Model penampang 1D sampai 3D yang diperoleh akan dianalisis hasilnya. Hasil analisis akan menentukan interpretasi terhadap anomali tiap lintasan yang didasarkan literatur dan teori pendukung untuk menentukan penampang bawah permukaan. Ketiga model ini nantinya di sesuaikan dengan data hasil bor, dimana data hasil bor merupakan hasil penampang bawah permukaan yang valid. Jika dari ketiga hasil permodelan ini sesuai dengan hasil data bor, maka bisa dilanjutkan dengan proses pengolahan 3D dan korelasi.

3.5.7 Permodelan 3D Bawah Permukaan

Setelah didapatkan nilai resistivitas 1D hasil pengolahan VES, selanjutnya dilakukan pembuatan model 3D. Dalam perangkat lunak yang digunakan, input datanya berupa sumur, sehingga setiap titik pengukuran VES didefinisikan sebagai sumur. Model 3D yang dibuat berdasarkan litologi daerah penelitian, sehingga data yang digunakan merupakan integrasi antara data VES dan data bor. Interpretasi jenis tanah dilakukan dengan menggunakan tabel nilai resistivitas dan litologi hasil pengeboran. Interpretasi tersebut selanjutnya dimodelkan dalam 3D menggunakan perangkat lunak dan tahapan yang sama dengan pemodelan resistivitas 3D. Hasilnya, akan didapatkan model litologi 3D bawah permukaan lokasi penelitian.

3.5.8 Korelasi Resistivitas dan Parameter Tanah

Nilai resistivitas yang didapatkan selain digunakan untuk pembuatan model 3D, juga digunakan untuk analisis korelasi nilai resistivitas dengan parameter tanah. Data parameter tanah didapatkan dari pengukuran SPT dan uji laboratorium. Data-data tersebut selanjutnya diplot dalam grafik untuk mengetahui sebarannya menggunakan *software Microsoft Office Excel*. Dari hasil plot tersebut, dapat diaplikasikan regresi linier maupun non linier untuk mendapat persamaan hubungan antar parameter dan nilai korelasinya. Selanjutnya dilakukan analisis, apakah parameter yang digunakan memiliki korelasi yang lemah, sedang, dan tinggi atau bahkan tidak berkorelasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pengukuran yang dilakukan meliputi dua metode yaitu geolistrik dan geoteknik. Pengukuran geolistrik dilakukan pada 5 line (GL 1, GL 2, GL 3, GL 4, dan GL 5) menggunakan konfigurasi Wenner. Pengolahan dilakukan menggunakan software RES2DINV untuk inversi 2D. Data wenner meliputi koordinat titik pengukuran, posisi AB-MN, faktor geometri k , arus I , beda potensial V . Data yang dimiliki merupakan data pengukuran *wenner* yang terdiri dari 5 line pengukuran (desain akuisisi dijelaskan dalam gambar 3.1). Menggunakan inversi least square, dengan melakukan editing bad datum point untuk mengurangi error data. Metode editing data berdasarkan dari grafik inversi yang ada pada software res2dinv. Maka terlihat data yang merupakan outlier yang dapat mengakibatkan error semakin tinggi.

Selain Wenner juga digunakan konfigurasi Schlumberger untuk pengukuran VES (1D), data VES yang diambil sebanyak 5 titik VES. data setiap titik VES diolah menggunakan software IP2WIN dengan cara inversi curve matching. Dari hasil pengolahan ini akan menghasilkan informasi berupa nilai resistivitas, ketebalan lapisan, dan kedalaman lapisan. Hasil pengolahan data masing-masing titik VES berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara spasi elektroda arus dengan titik pusat ($AB/2$) pada sumbu x dan nilai resistivitas semu (apparent resistivity) ($\Omega \cdot m$) pada sumbu y . Kemudian dari hasil grafik ini dilakukan interpretasi nilai resistivitas yang menunjukkan suatu penyusun litologi. Kemudian data resistivitas dan kedalaman yang diperoleh digunakan untuk membuat penampang tiga dimensi korelasi antara titik-titik VES. Dari penampang inilah akan dilihat anomali nilai resistivitas rendah ke tinggi ataupun sebaliknya yang ada di lokasi penelitian.

Pengukuran geoteknik dilakukan pada 5 titik (BH-01, BH-02, BH-03, BH-04, dan BH-05) yang terdiri atas pengujian *standard penetration test* (SPT) dan pengambilan sampel tanah. Masing-masing titik pengukuran memiliki kedalaman 60 m. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk analisis jenis tanah dan pengukuran laboratorium untuk mengetahui parameter tanah. Hasil analisis jenis tanah pada setiap titik pengukuran diberikan pada tabel 4.1. Jenis litologi hasil pengeboran tersebut digunakan sebagai panduan dalam pengolahan data VES.

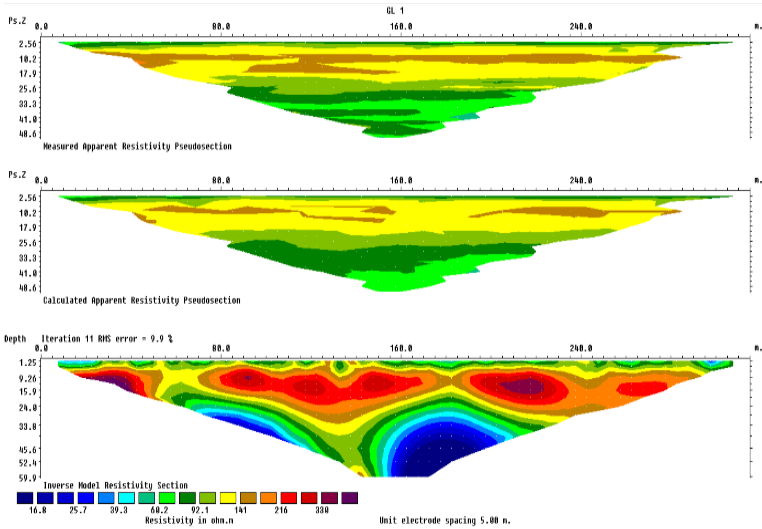
Tabel 4. 1 Analisis jenis tanah lokasi penelitian

No	Litologi	Keterangan
1	<i>Top Soil</i>	Pasir lempungan berwarna coklat keabuan, lunak, lapuk kuat, basah, plastisitas rendah, banyak terdapat akar tanaman
2	Lempung Pasiran	Abu-abu gelap, lunak, plastisitas sedang, pasir halus, kondisi basah, lapuk sedang-kuat
3	Pasir	Putih terang, pasir butir sedang, sementasi lemah, well graded, kondisi basah, urai-padat (dense)
4	Lempung Kaolin	Putih merah muda, padat, keras sedang, lembab, plastisitas tinggi, nodul merah
5	Lempung	Abu-abu gelap, kaku-keras, lembab, plastisitas tinggi

4.1.1 Hasil Pengolahan 2D Wenner

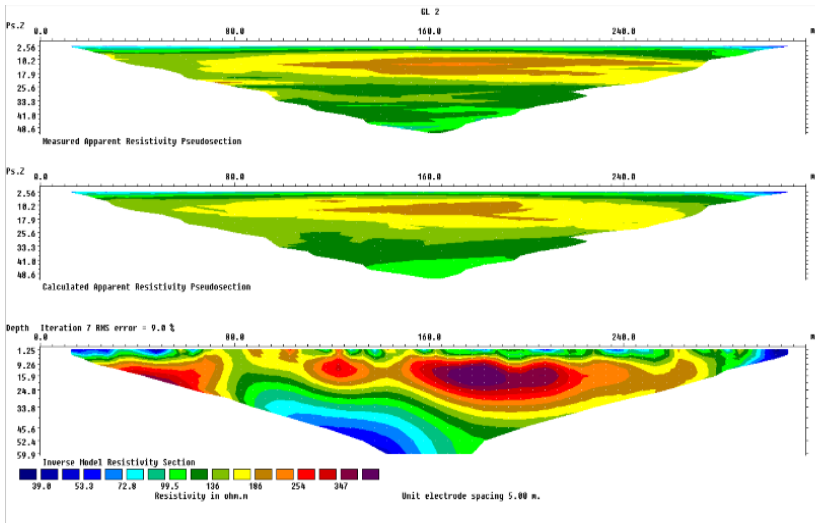
Metode inversi yang digunakan adalah inversi least square, dengan melakukan editing bad datum point untuk mengurangi error data. Metode editing data berdasarkan dari grafik inversi yang ada pada software res2dinv. Dari hasil pengolahan ini akan menghasilkan informasi berupa nilai resistivitas dan kedalaman lapisan. Hasil pengolahan Wenner berupa penampang 2D resistivitas dengan kedalaman sampai 60 meter. Pada pengolahan wenner ini terdapat 5 line pengukuran, dengan panjang lintasan pengukuran ~320 m dan spasi elektroda 5 meter.

Hasil inversi line 1 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 11 kali proses iterasi. Kedalaman yang didapat dari pengolahan 2D ini adalah sebesar 60 meter. Hasilnya dapat dilihat di gambar 4.1 dibawah berikut.



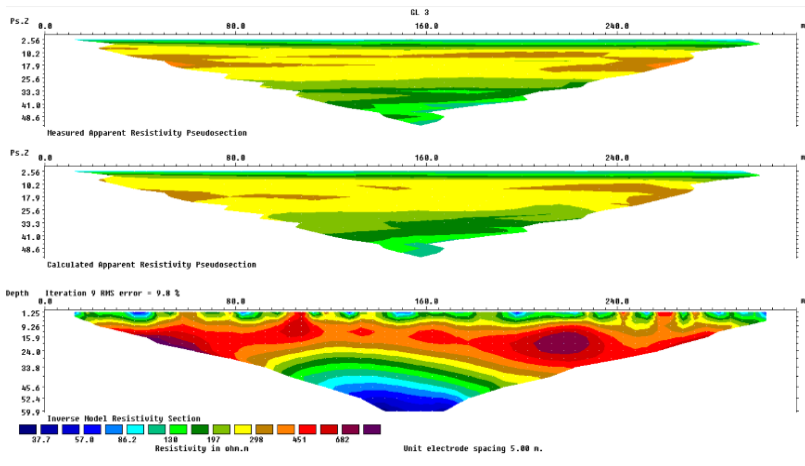
Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D GL 1

Hasil inversi line 2 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 39,8 - 347 Ωm . Rms error dari inversi 9.0 % dengan 7 kali proses iterasi. Kedalaman yang didapat dari pengolahan 2D ini adalah sebesar 60 meter. Hasilnya dapat dilihat di gambar 4.2 dibawah berikut.



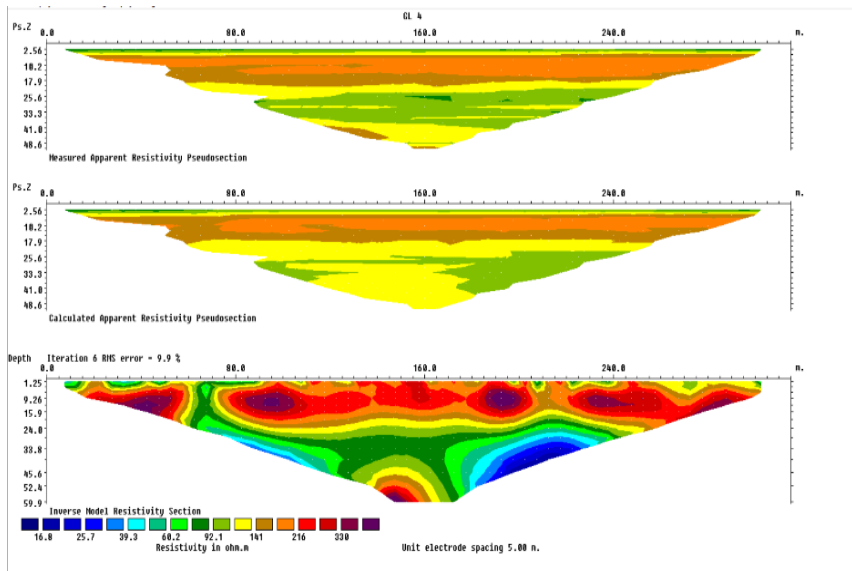
Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2D GL 2

Hasil inversi line 3 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 37,7 - 682 Ωm . Rms error dari inversi 9.8 % dengan 9 kali proses iterasi. Kedalaman yang didapat dari pengolahan 2D ini adalah sebesar 60 meter. Hasilnya dapat dilihat di gambar 4.3 dibawah berikut.



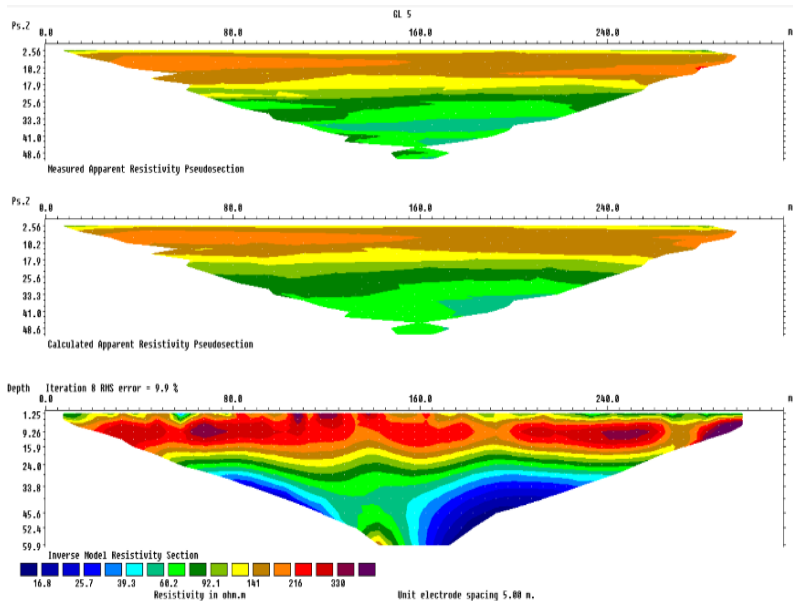
Gambar 4. 3 Penampang resistivitas 2D GL 3

Hasil inversi line 4 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 6 kali proses iterasi. Kedalaman yang didapat dari pengolahan 2D ini adalah sebesar 60 meter. Hasilnya dapat dilihat di gambar 4.4 dibawah berikut.



Gambar 4. 4 Penampang resistivitas 2D GL 4

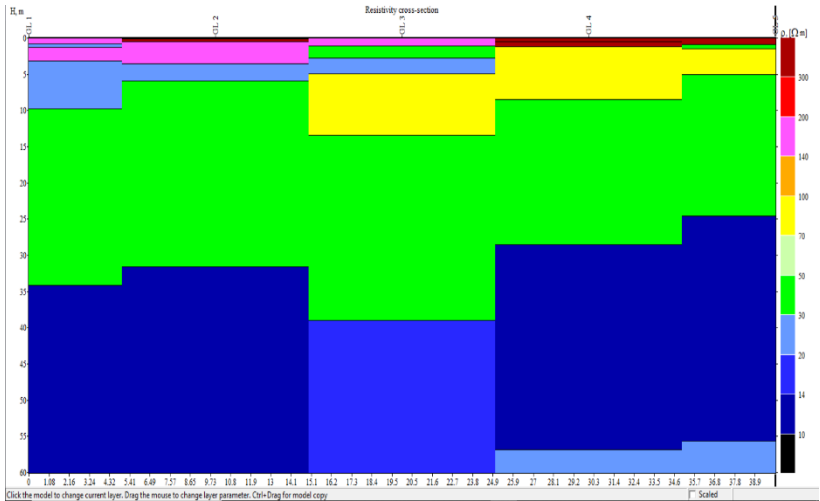
Hasil inversi line 5 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 8 kali proses iterasi. Kedalaman yang didapat dari pengolahan 2D ini adalah sebesar 60 meter. Hasilnya dapat dilihat di gambar 4.5 dibawah berikut.



Gambar 4. 5 Penampang resistivitas 2D GL 5

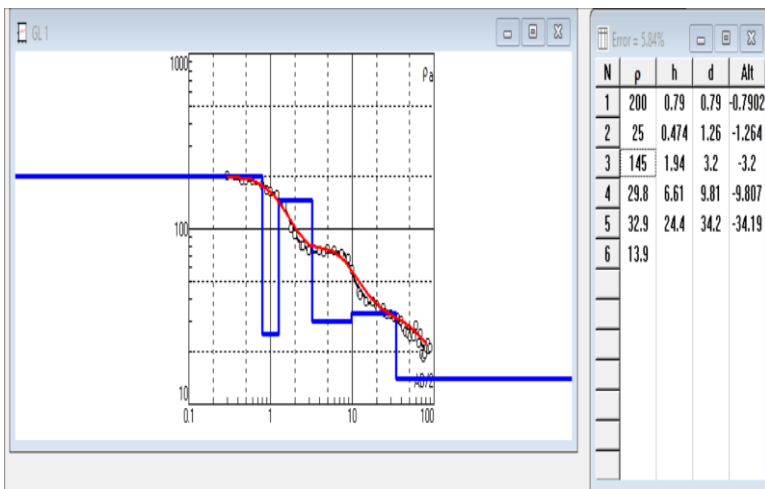
4.1.2 Hasil Pengolahan VES 1D

Data geolistrik yang didapat meliputi elevasi, jarak antar elektroda, faktor geometri k , arus I , dan beda potensial V . Data tersebut merupakan data pengukuran *sounding* atau VES yang terdiri dari 5 titik pengukuran dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger. Perangkat lunak ini menggunakan metode *curve fitting* dalam pengolahan datanya. Pada metode ini akan dilakukan pencocokan grafik data hasil pengukuran dengan grafik data hasil model yang kita buat. Pencocokan grafik dilakukan menyesuaikan jumlah lapisan, ketebalan lapisan, dan nilai resistivitas hingga grafik model dan grafik data pengukuran telah sesuai atau memiliki *error* yang kecil. Jumlah dan ketebalan lapisan pada pengolahan data disesuaikan dengan hasil interpretasi jenis litologi data bor. Penyesuaian dilakukan dengan mengamati titik VES dan titik bor yang berdekatan. Gambar *cross-section* antar titik VES dapat dilihat di gambar 4.6.

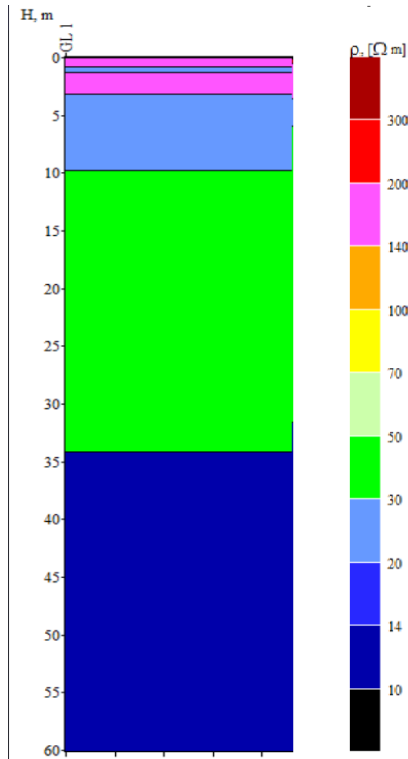


Gambar 4. 6 Resistivity Cross-section

Dari hasil pengolahan titik 1 didapatkan nilai resistivitas minimal sebesar 13,9 ohm.m, serta nilai resistivitas maksimal sebesar 200 ohm.m. Bentangan pengukuran data VES adalah sebesar 180 m. Dengan kedalaman yang dicapai sebesar 60 m. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik curve matching seperti gambar 4.7 di bawah ini :

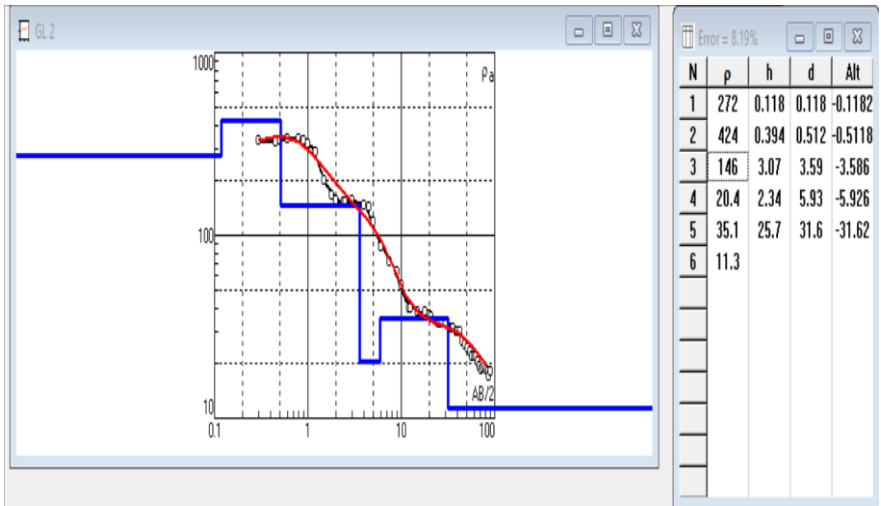


Gambar 4. 7 Grafik hasil pengolahan VES 1

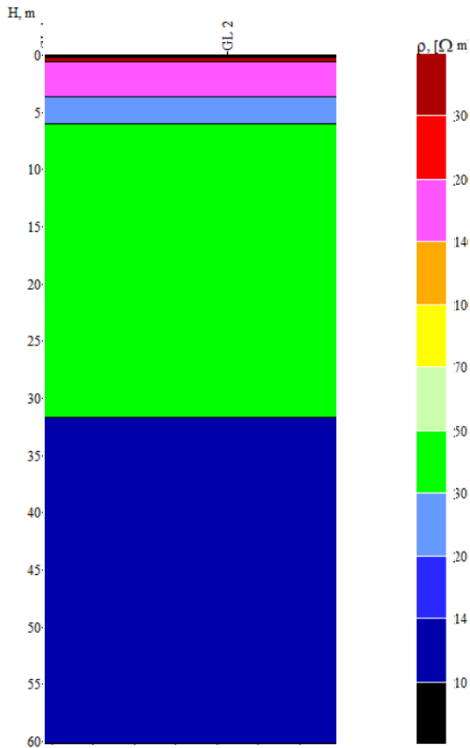


Gambar 4. 8 Hasil pengolahan VES 1

Dari hasil pengolahan titik 2 didapatkan nilai resistivitas minimal sebesar 11,3 ohm.m, serta nilai resistivitas maksimal sebesar 424 ohm.m. Bentangan pengukuran data VES adalah sebesar 180 m. Dengan kedalaman yang dicapai sebesar 60 m. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik curve matching seperti gambar 4.9 di bawah ini :

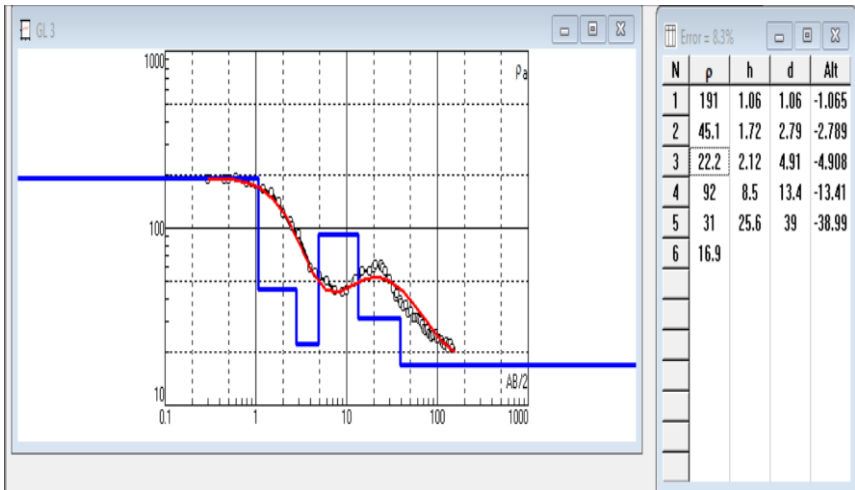


Gambar 4. 9 Grafik hasil pengolahan VES 2

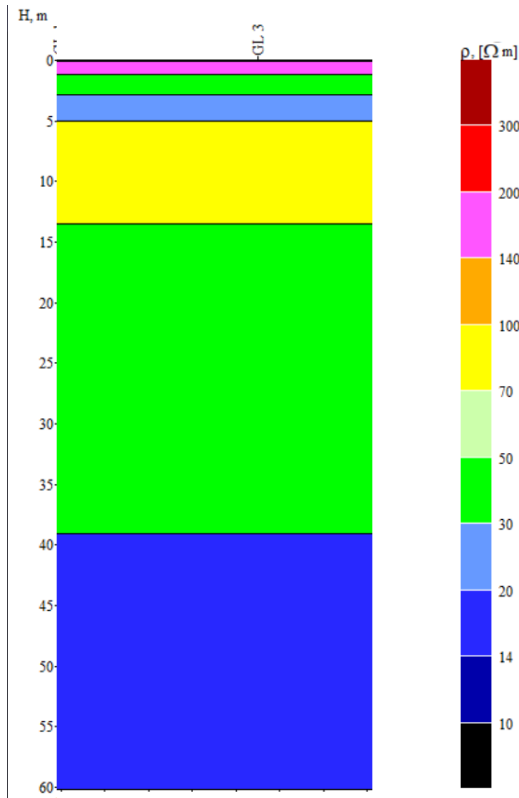


Gambar 4. 10 Hasil pengolahan VES 2

Dari hasil pengolahan titik 3 didapatkan nilai resistivitas minimal sebesar 16,9 ohm.m, serta nilai resistivitas maksimal sebesar 191 ohm.m. Bentangan pengukuran data VES adalah sebesar 180 m. Dengan kedalaman yang dicapai sebesar 60 m. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik curve matching seperti gambar 4.11 di bawah ini :

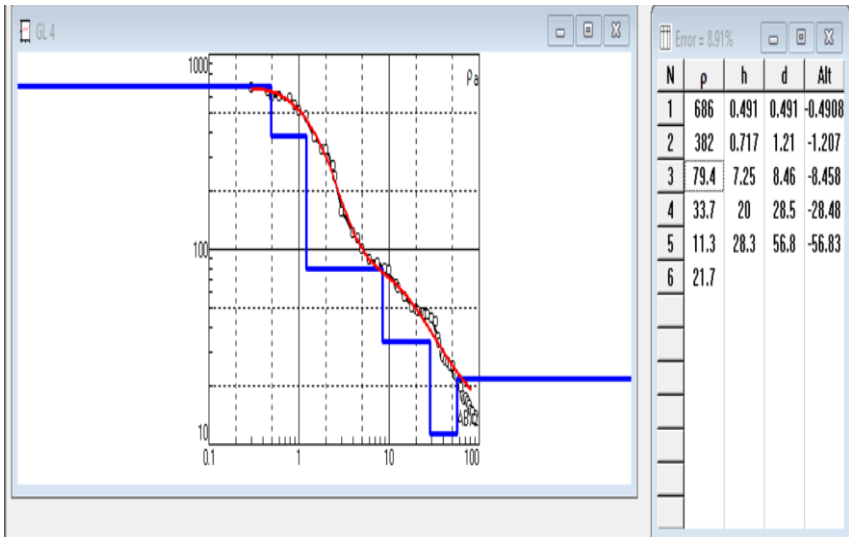


Gambar 4. 11 Grafik hasil pengolahan VES 3

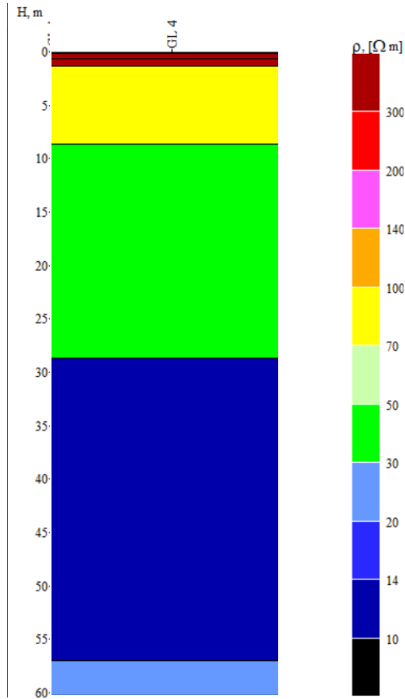


Gambar 4. 12 Hasil pengolahan VES 3

Dari hasil pengolahan titik 4 didapatkan nilai resistivitas minimal sebesar 11,3 ohm.m, serta nilai resistivitas maksimal sebesar 686 ohm.m. Bentangan pengukuran data VES adalah sebesar 180 m. Dengan kedalaman yang dicapai sebesar 60 m. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik curve matching seperti gambar 4.13 di bawah ini :

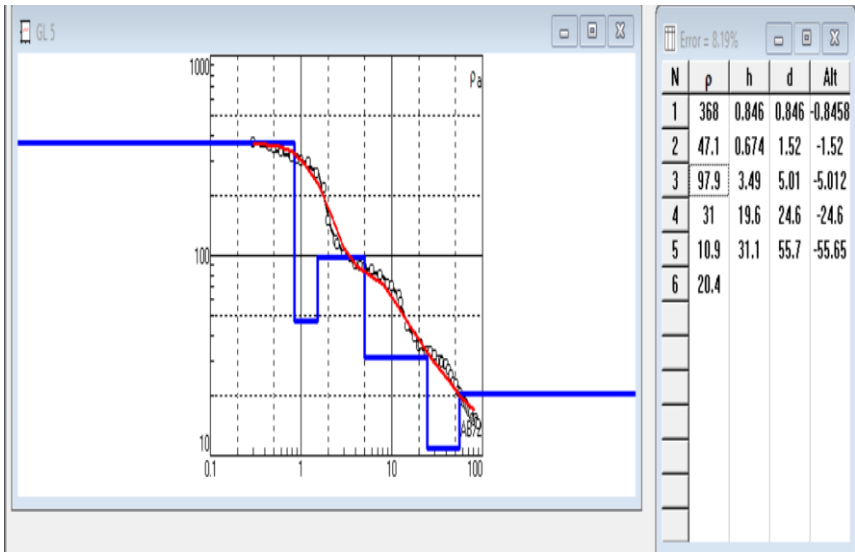


Gambar 4. 13 Grafik hasil pengolahan VES 4

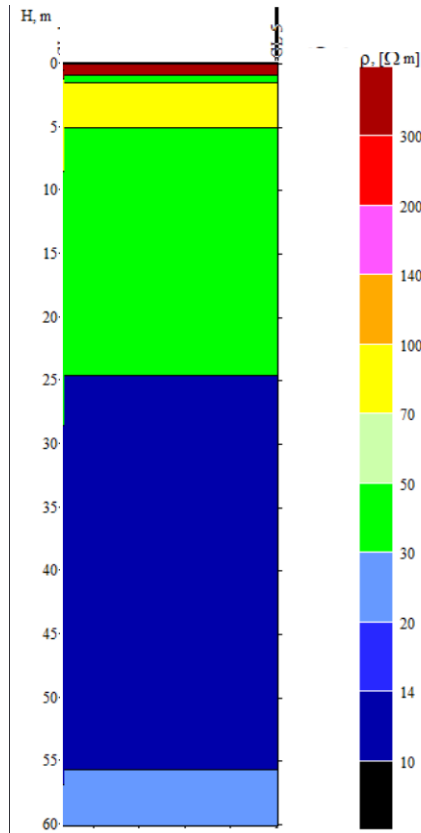


Gambar 4. 14 Hasil pengolahan VES 4

Dari hasil pengolahan titik 5 didapatkan nilai resistivitas minimal sebesar 10,9 ohm.m, serta nilai resistivitas maksimal sebesar 368 ohm.m. Bentangan pengukuran data VES adalah sebesar 180 m. Dengan kedalaman yang dicapai sebesar 60 m. Pengolahan data secara komputasi dengan bantuan software geolistrik 1D menghasilkan grafik curve matching seperti gambar 4.15 di bawah ini :



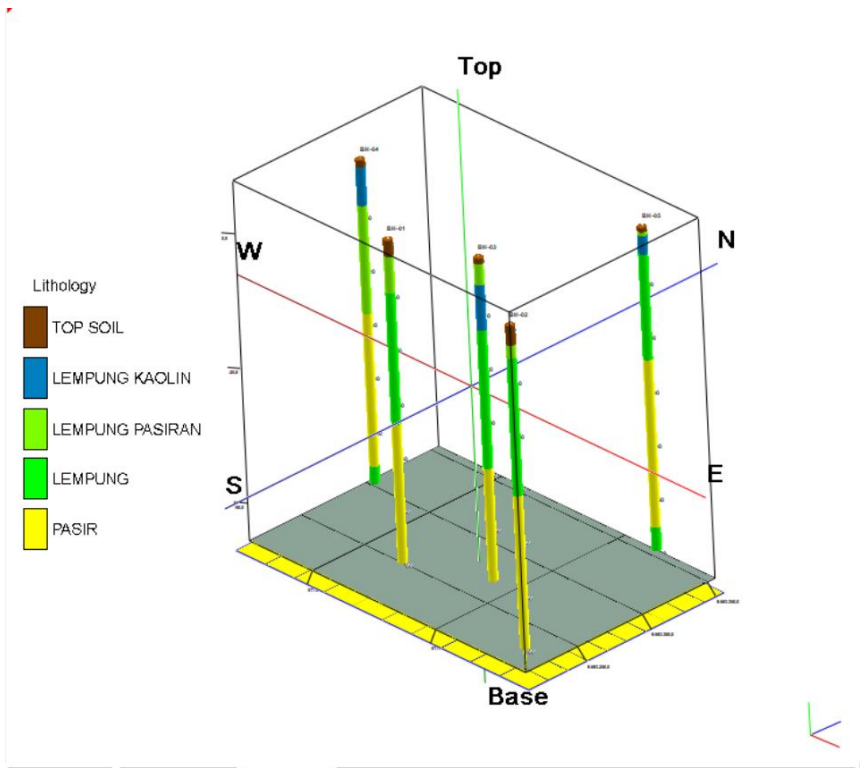
Gambar 4. 15 Grafik hasil pengolahan VES 5



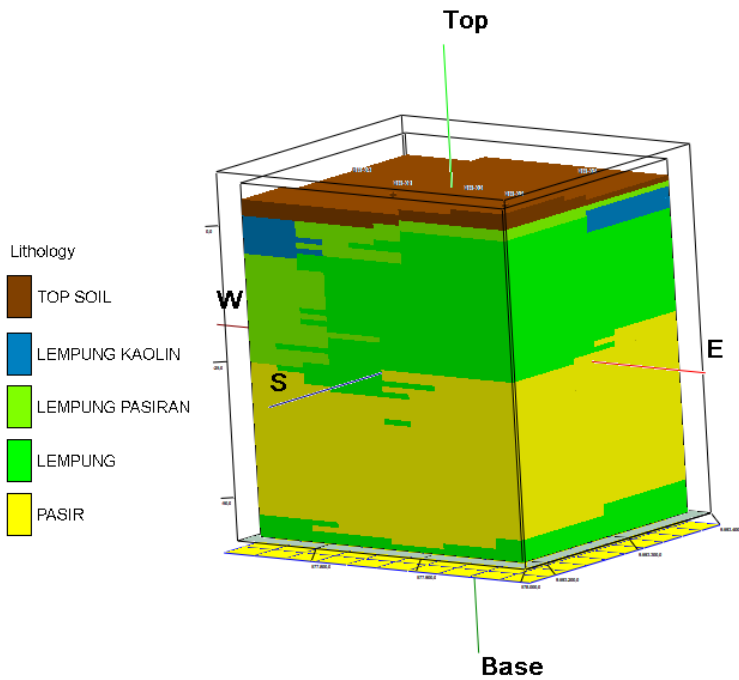
Gambar 4. 16 Hasil pengolahan VES 5

4.1.3 Hasil pengolahan 3D

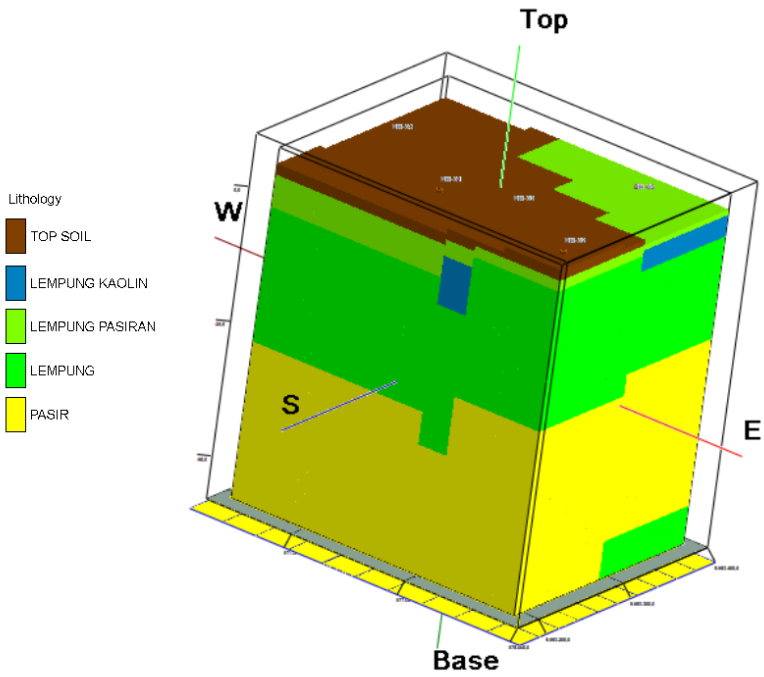
Setelah dilakukan pengolahan data VES dengan menggunakan IP2Win, selanjutnya akan dilakukan pemodelan 3D. Pemodelan 3D kali ini menggunakan software Rockworks 16. Data yang digunakan dalam pengolahan 3D ini adalah data integrasi antara VES dan data bor. Data ini sendiri terdiri dari location, lithology, dan depth. Pemodelan 3D didapatkan 3D model bor, 3D model litologi algoritma *Lithoblending* dan *Closest Point*, dan *cross-section* antar titik bor.



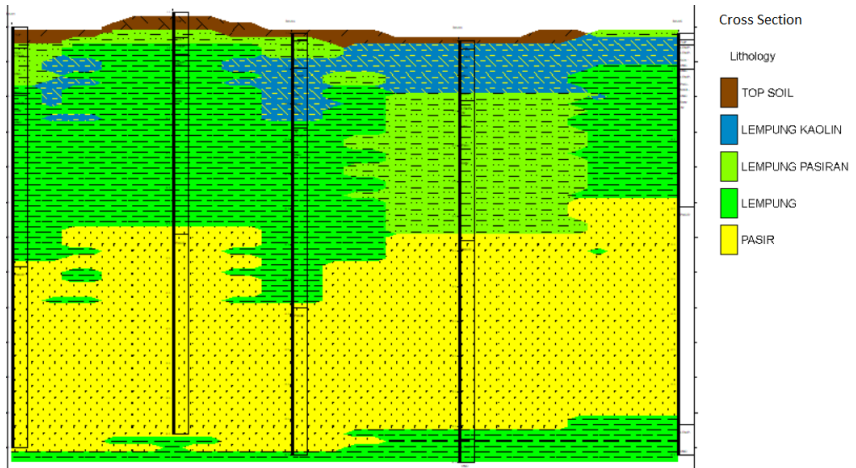
Gambar 4. 17 Penampang 3D model bor



Gambar 4. 18 Penampang 3D algoritma Lithoblotting



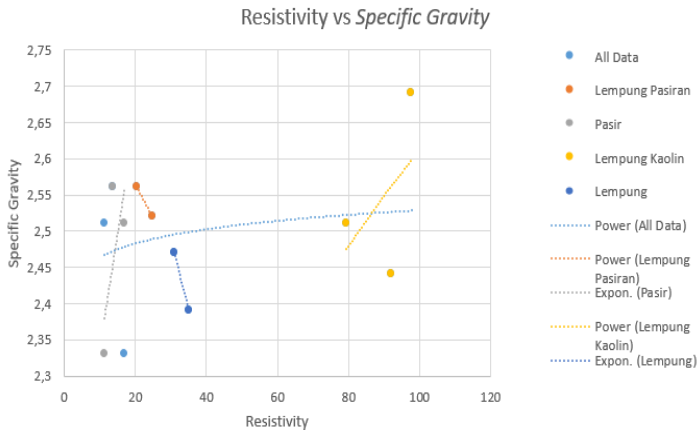
Gambar 4. 19 Penampang 3D algoritma Closest Point



Gambar 4. 20 Cross section dari model 3D litologi

4.1.4 Hasil Korelasi Resistivitas 1D dengan Parameter Tanah

4.1.4.1 Resistivitas dengan *Specific Gravity*

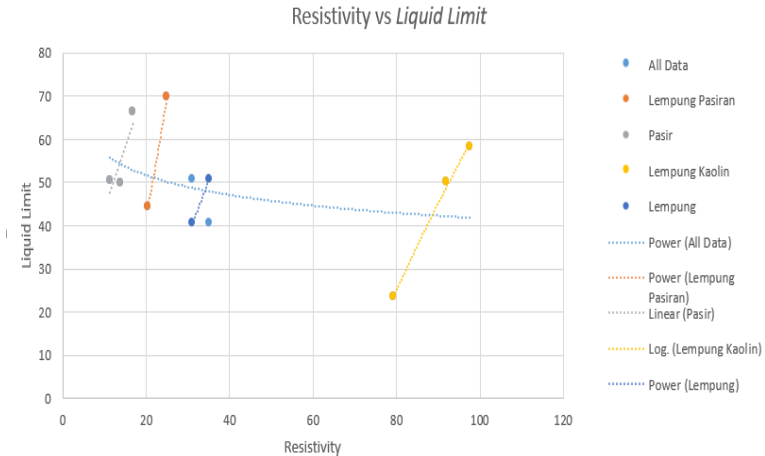


Gambar 4. 21 Grafik korelasi resistivitas Vs. specific gravity

Gambar 4.21 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 1D dengan *specific gravity*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm , sedangkan data *specific gravity* yang digunakan memiliki *range* 2,33 – 2,69. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power.

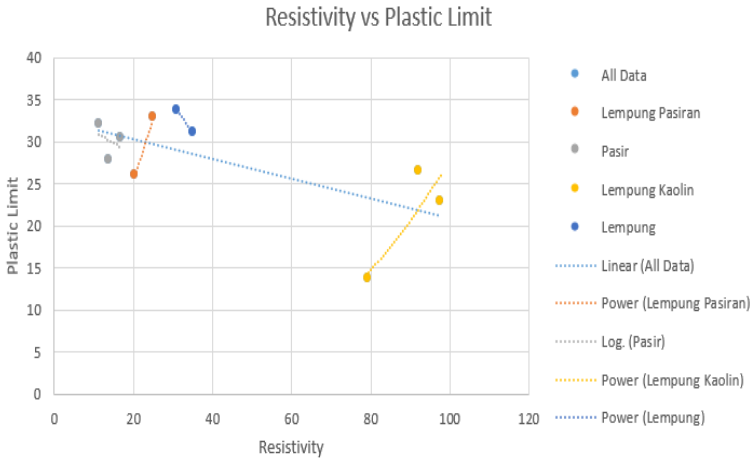
Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya

4.1.4.2 Resistivitas dengan Atterberg Limit



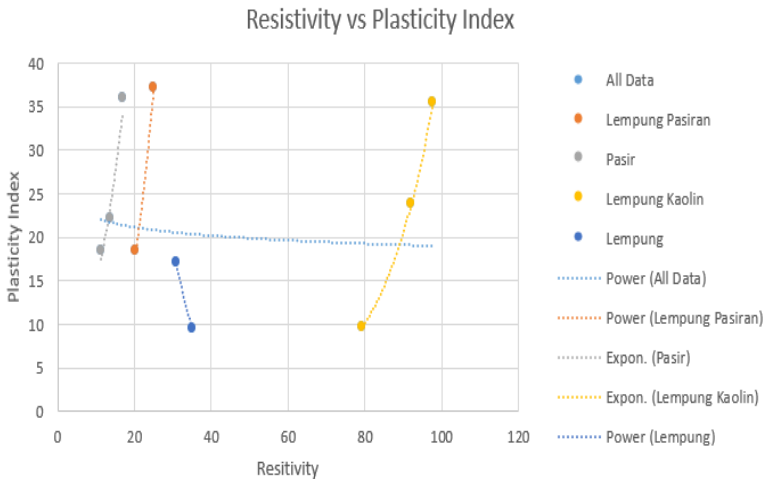
Gambar 4. 22 Grafik korelasi resistivitas Vs. liquid limit

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ω m, sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 23,41 – 69,94 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.



Gambar 4. 23 Grafik korelasi resistivitas Vs. plastic limit

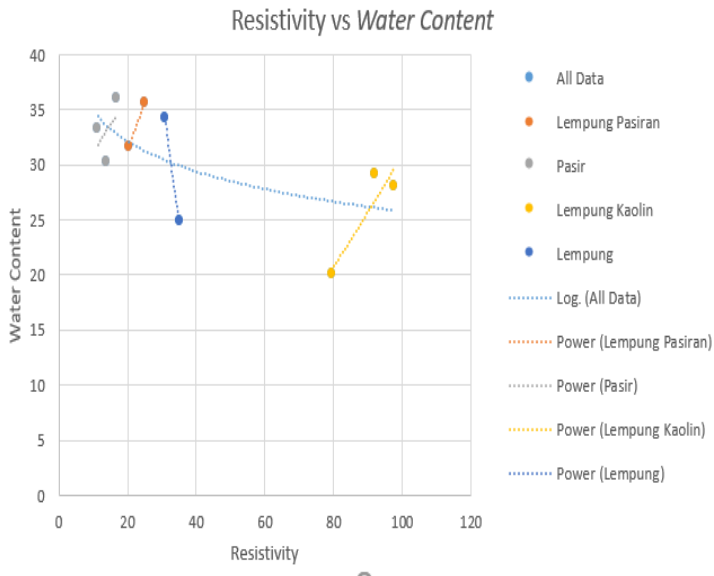
Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm, sedangkan data *plastic limit* yang digunakan memiliki *range* 13,7 – 33,73 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi linier. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.



Gambar 4. 24 Grafik korelasi resistivitas Vs. plasticity index

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ω m, sedangkan data *plasticity index* yang digunakan memiliki *range* 9,49 – 37,08 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

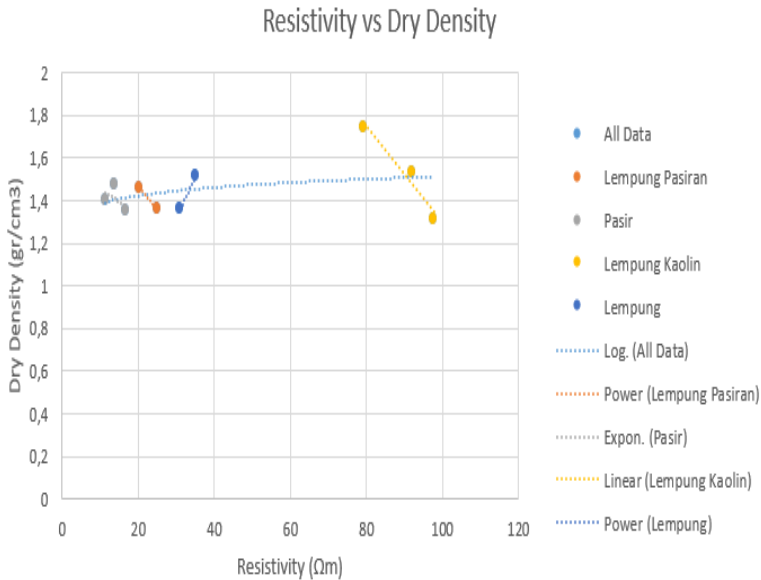
4.1.4.3 Resistivitas dengan Water Content



Gambar 4. 25 Grafik korelasi resistivitas Vs. water content

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ω m, sedangkan data *water content* yang digunakan memiliki *range* 20,07 – 36,04 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi logaritmik. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

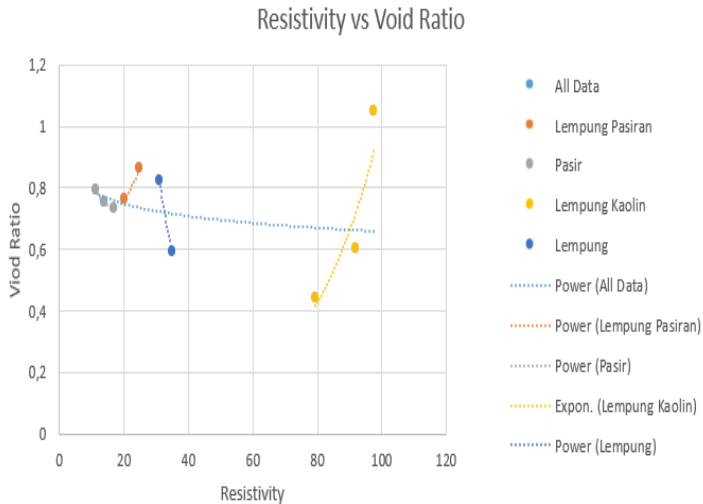
4.1.4.4 Resistivitas dengan Densitas



Gambar 4. 26 Grafik korelasi resistivitas Vs. dry density

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm , sedangkan data *dry density* yang digunakan memiliki *range* 1,31 – 1,74 gr/cm^3 . Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi logaritmik. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

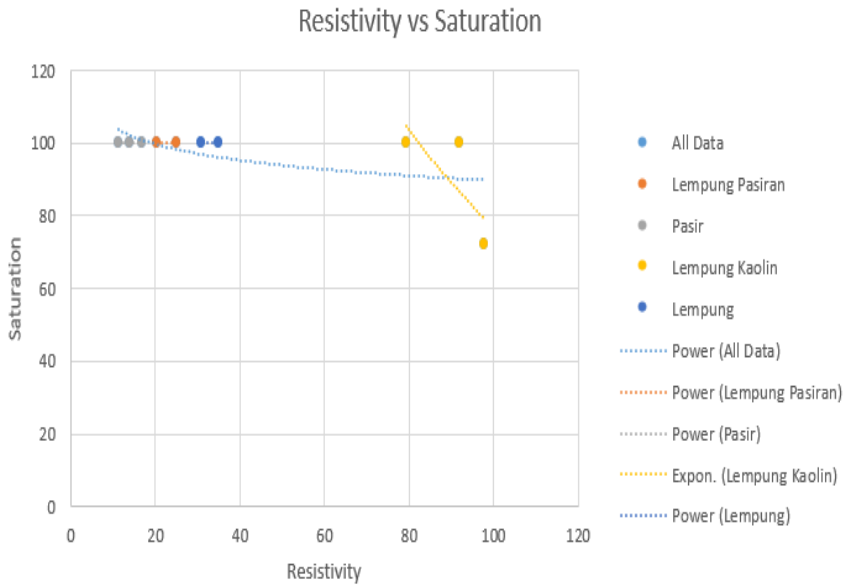
4.1.4.5 Resistivitas dengan Void Ratio



Gambar 4. 27 Grafik korelasi resistivitas Vs. *void ratio*

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm, sedangkan data *void ratio* yang digunakan memiliki *range* 0,44 – 1,05. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

4.1.4.6 Resistivitas dengan Saturasi

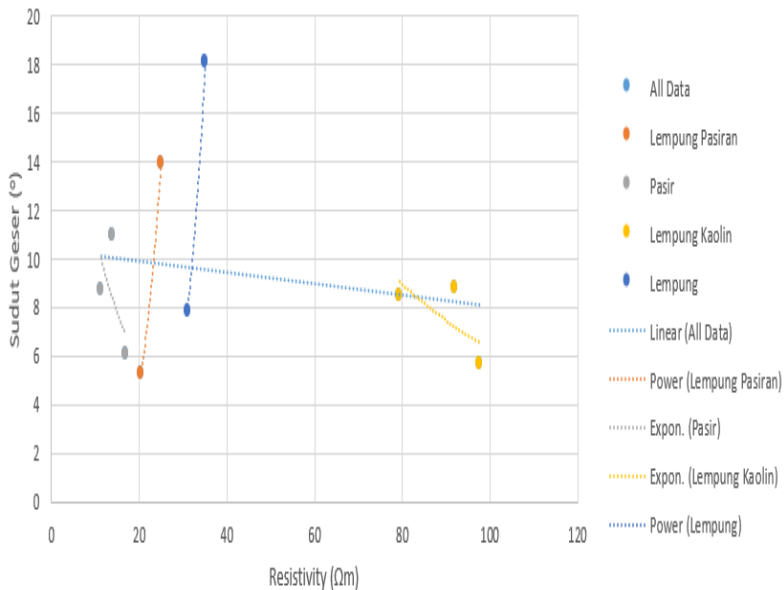


Gambar 4. 28 Grafik korelasi resistivitas Vs. saturasi

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm, sedangkan data saturasi yang digunakan memiliki *range* 71,78 – 100%. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

4.1.4.7 Resistivitas dengan Sudut Geser

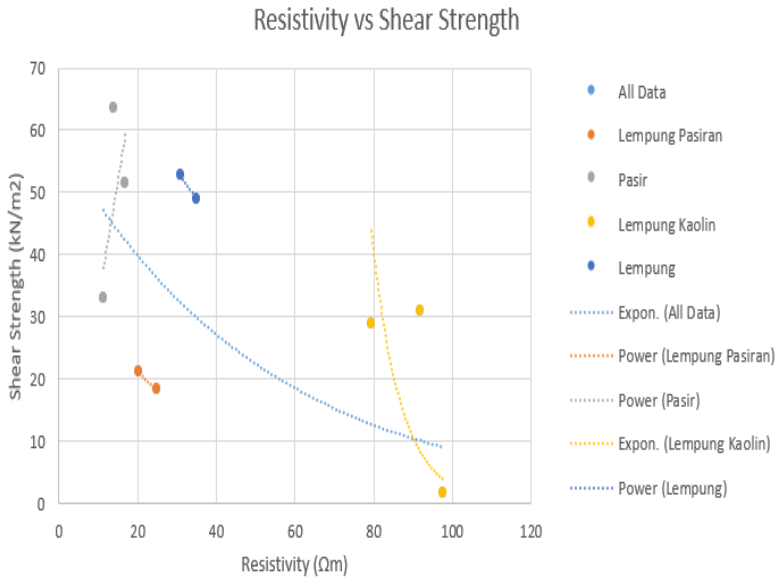
Resistivity vs Sudut Geser



Gambar 4. 29 Grafik korelasi resistivitas Vs. sudut geser

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm , sedangkan data sudut geser yang digunakan memiliki *range* 5,23 – 18,06 $^\circ$. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi linier. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

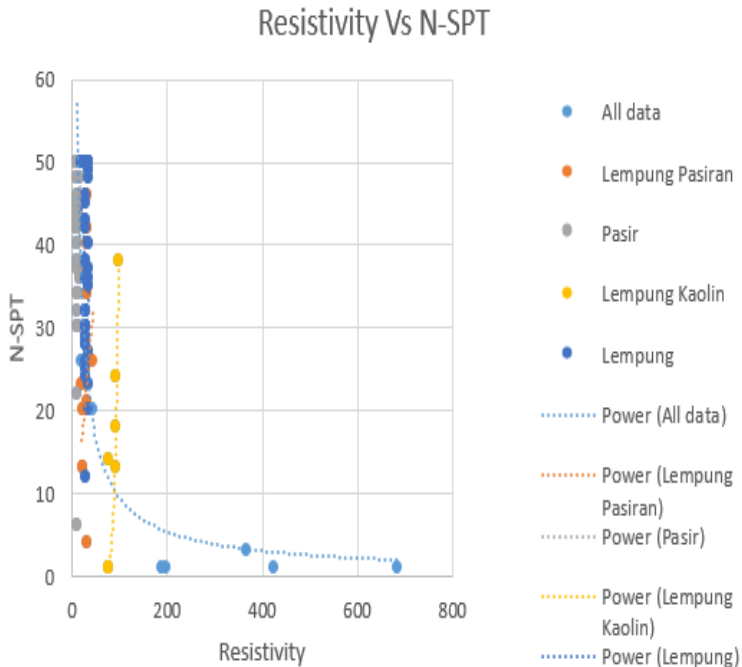
4.1.4.8 Resistivitas dengan Shear Strength



Gambar 4. 30 Grafik korelasi resistivitas Vs. *shear strength*

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 11,3 – 97,7 Ωm, sedangkan data *shear strength* yang digunakan memiliki *range* 1,5 – 63,45 Kn/m². Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi eksponensial. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

4.1.4.9 Resistivitas dengan N-SPT

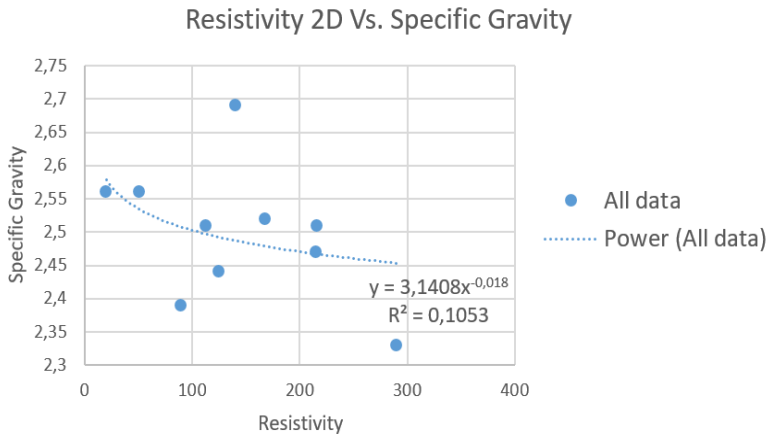


Gambar 4. 31 Grafik korelasi resistivitas Vs. N-SPT

Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 130 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 10,9 – 686 Ω m, sedangkan data N-SPT yang digunakan memiliki *range* 1 – 50. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power. Korelasi tiap lapisan juga dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien determinasinya.

4.1.5 Hasil Korelasi Resistivitas 2D dengan Parameter Tanah

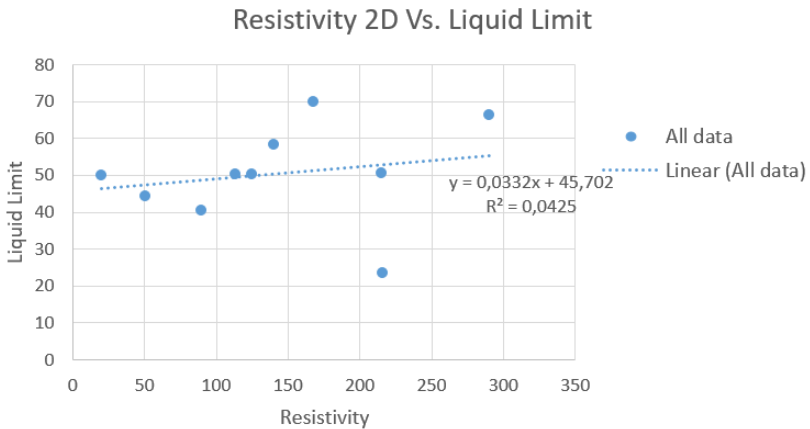
4.1.5.1 Resistivitas 2D dengan Specific Gravity



Gambar 4. 32 Korelasi Resistivitas 2D Vs. Specific Gravity

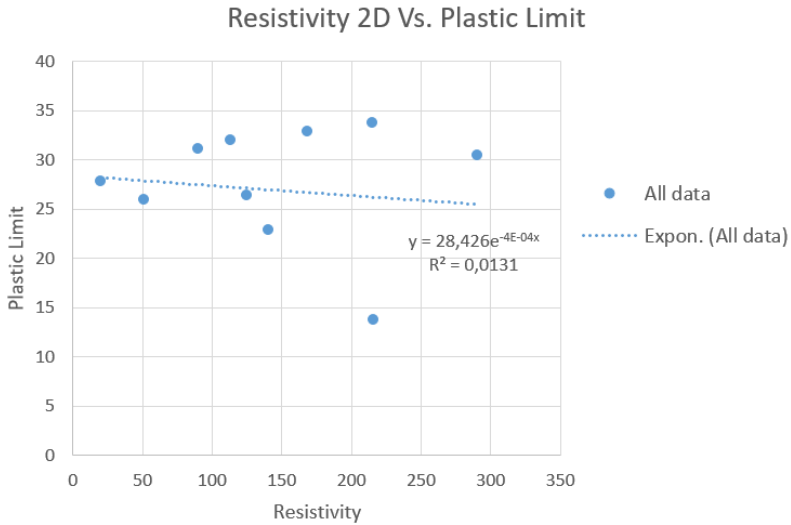
Gambar 4.32 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *specific gravity*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm, sedangkan data Specific Gravity yang digunakan memiliki *range* 2,33 – 2,69. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power.

4.1.5.2 Resistivitas 2D dengan Atterberg Limit



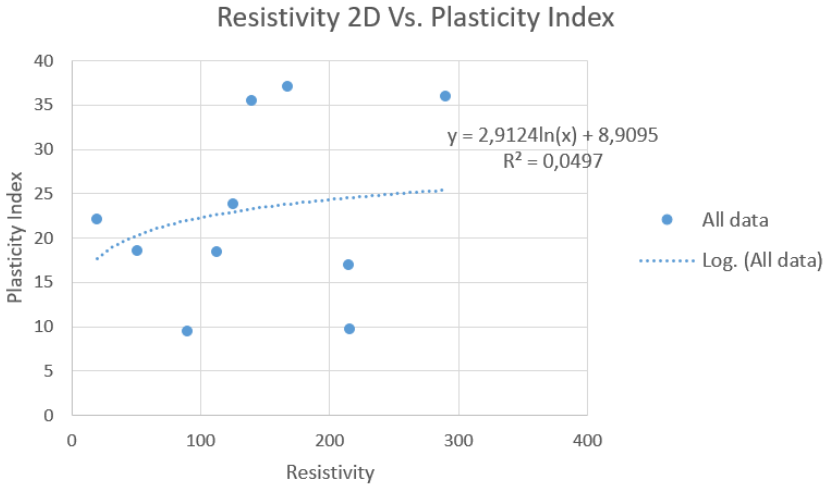
Gambar 4. 33 Korelasi Resistivitas 2D Vs. liquid limit

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *liquid limit*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 23,41 – 69,94 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi linier.



Gambar 4. 34 Korelasi Resistivitas 2D Vs. plastic limit

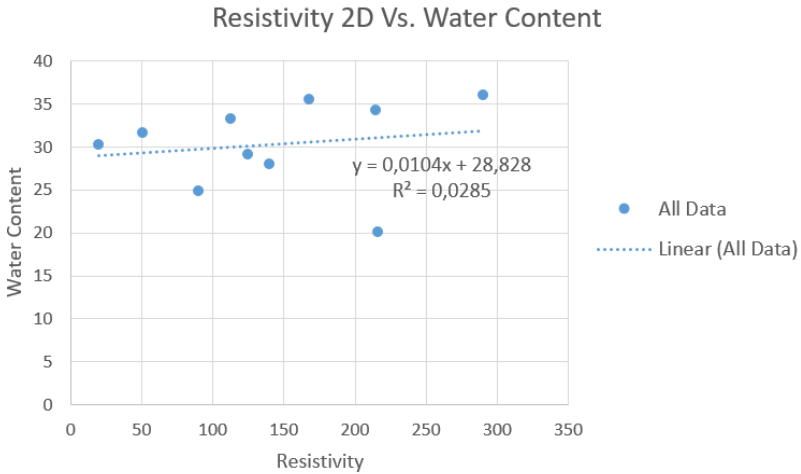
Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *plastic limit*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 13,7 – 33,73 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi eksponensial.



Gambar 4. 35 Korelasi Resistivitas 2D Vs. plasticity index

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *plasticity index*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 9,49 – 37,08 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi logaritmik.

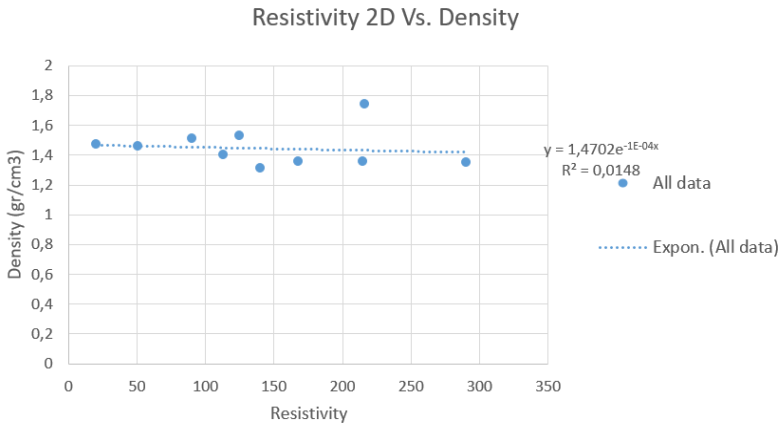
4.1.5.3 Resistivitas 2D dengan Water Content



Gambar 4. 36 Korelasi Resistivitas 2D Vs. water content

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *water content*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 20,07 – 36,04 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi linier.

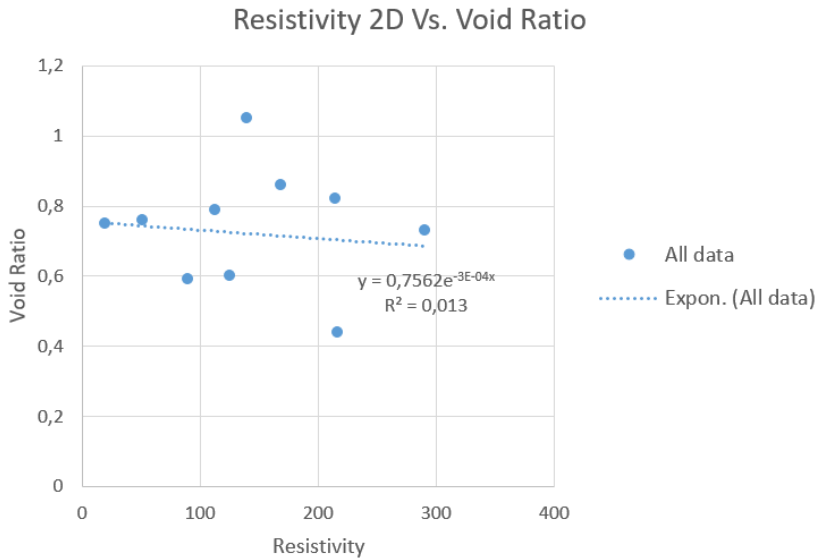
4.1.5.4 Resistivitas 2D dengan Densitas



Gambar 4. 37 Korelasi Resistivitas 2D Vs. densitas

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan densitas. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 1,31 – 1,74 gr/cm^3 . Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi eksponensial.

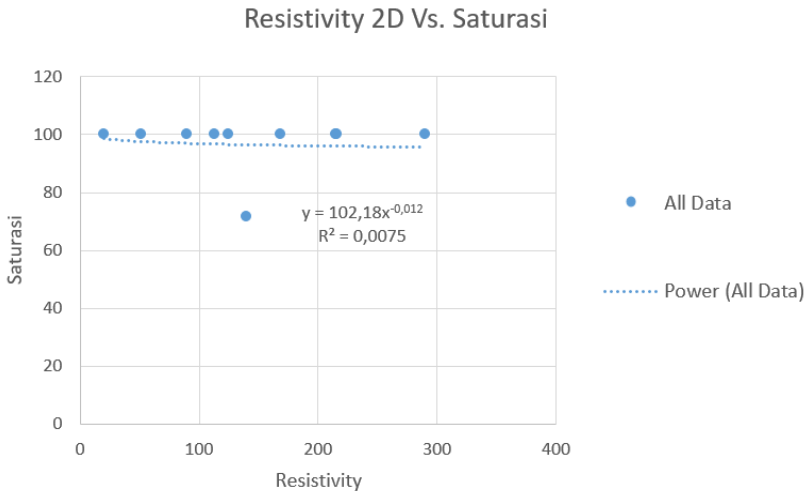
4.1.5.5 Resistivitas 2D dengan Void Ratio



Gambar 4. 38 Korelasi Resistivitas 2D Vs. void ratio

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *void ratio*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 0,44 – 1,05. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi eksponensial.

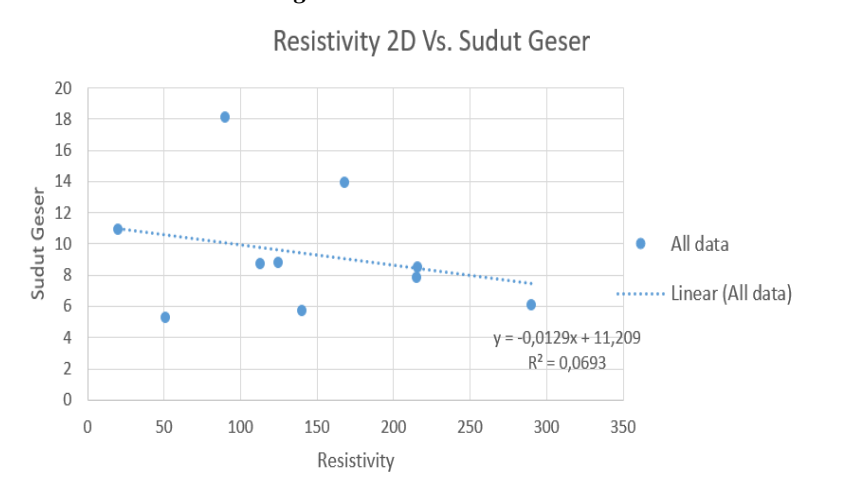
4.1.5.6 Resistivitas 2D dengan Saturasi



Gambar 4. 39 Korelasi Resistivitas 2D Vs. saturasi

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan saturasi. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 71,78 – 100 %. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi power.

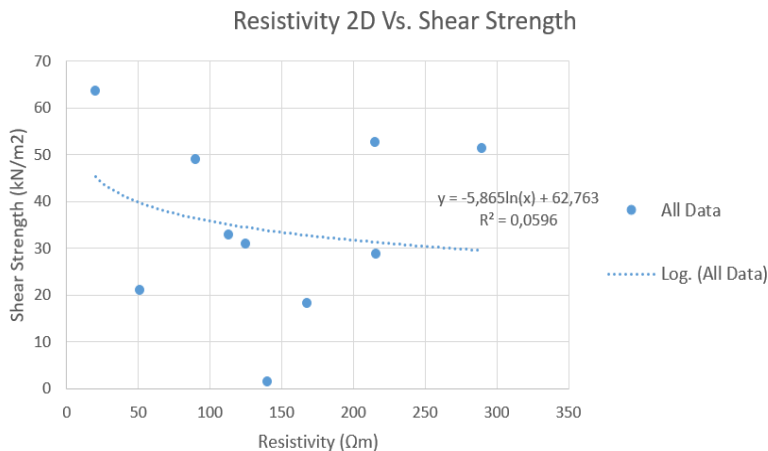
4.1.5.7 Resistivitas 2D dengan Sudut Geser



Gambar 4. 40 Korelasi Resistivitas 2D Vs. sudut geser

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan sudut geser. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 5,23 – 18,06 $^\circ$. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi linier.

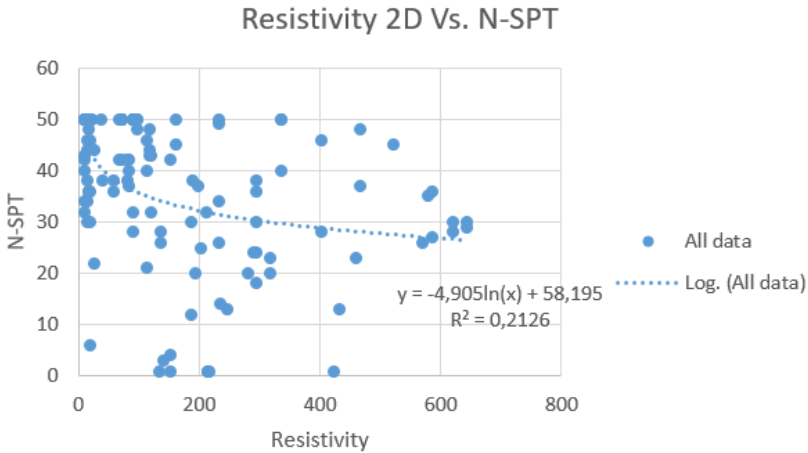
4.1.5.8 Resistivitas 2D dengan Shear Strength



Gambar 4. 41 Korelasi Resistivitas 2D Vs. shear strength

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *shear strength*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm, sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 1,5 – 63,45 Kn/m2. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi logaritmik.

4.1.5.9 Resistivitas 2D dengan N-SPT



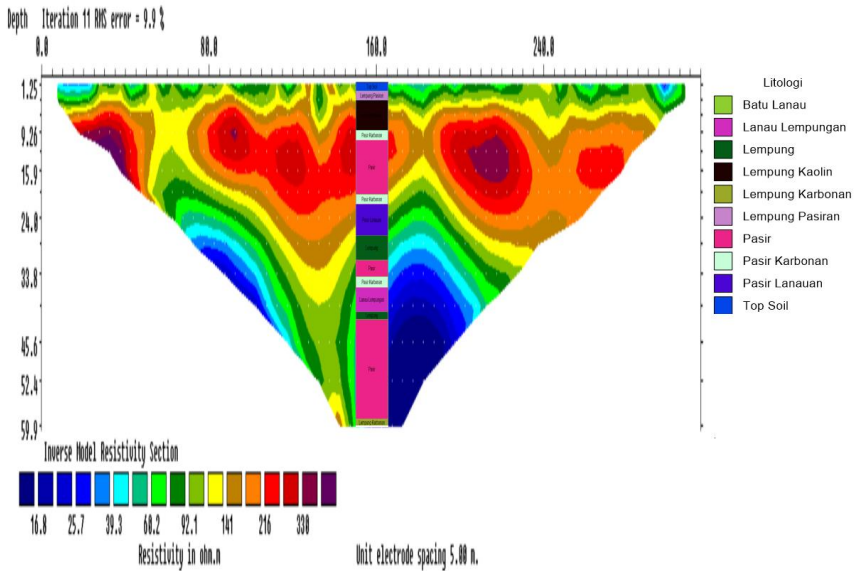
Gambar 4. 42 Korelasi Resistivitas 2D Vs. N-SPT

Gambar 4.33 menunjukkan hasil korelasi antara nilai resistivitas 2D dengan *N-SPT*. Pasangan datum kedua parameter ini berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Nilai resistivitas yang digunakan berada pada *range* 20 – 290 Ωm , sedangkan data *liquid limit* yang digunakan memiliki *range* 1 – 50. Jenis regresi yang digunakan dalam korelasi semua data ini adalah regresi logaritmik.

4.2 Pembahasan

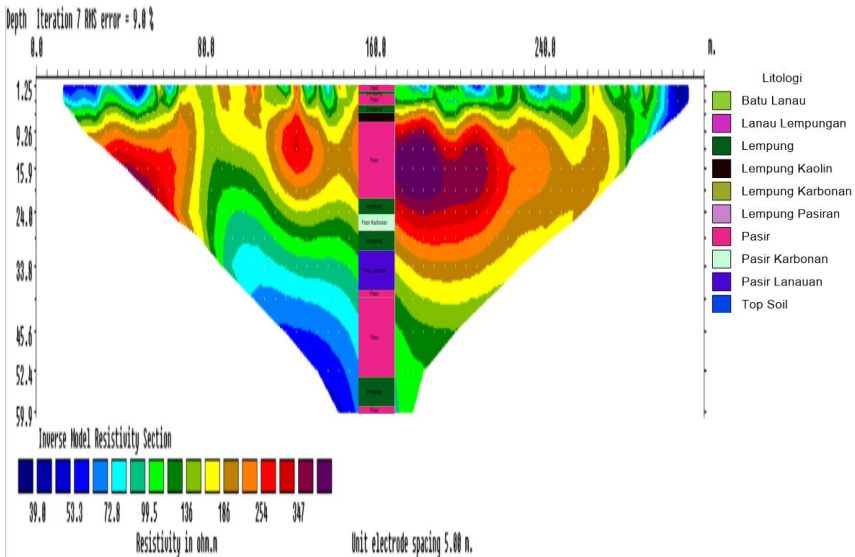
4.2.1 Hasil Pengolahan Wenner

Hasil inversi line 1 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 11 kali proses iterasi. Pada kedalaman 0 meter sampai 5 meter terdapat lapisan yang diduga top soil yang diindikasikan oleh rentang resistivitas sebesar 35 Ωm hingga 90.2 Ωm . Lapisan top soil ini diduga merupakan lapisan pasir lempungan. Pada kedalaman 5 m sampai 16 meter diindikasikan sebagai lapisan pasir dengan rentang resistivitas 100 Ωm hingga 220 Ωm . Lapisan pada kedalaman 16 meter sampai 33 meter diduga sebagai lapisan lempung dengan range nilai resistivitas 20 Ωm hingga 60 Ωm dan diikuti oleh lapisan pasir dibawahnya dengan indikasi nilai resistivitas 16,8 Ωm hingga 20 Ωm . Hasil penampang bawah tanah dari pengolahan wenner menunjukkan kemiripan dengan hasil data bor dimana dapat dilihat di gambar 4.43.



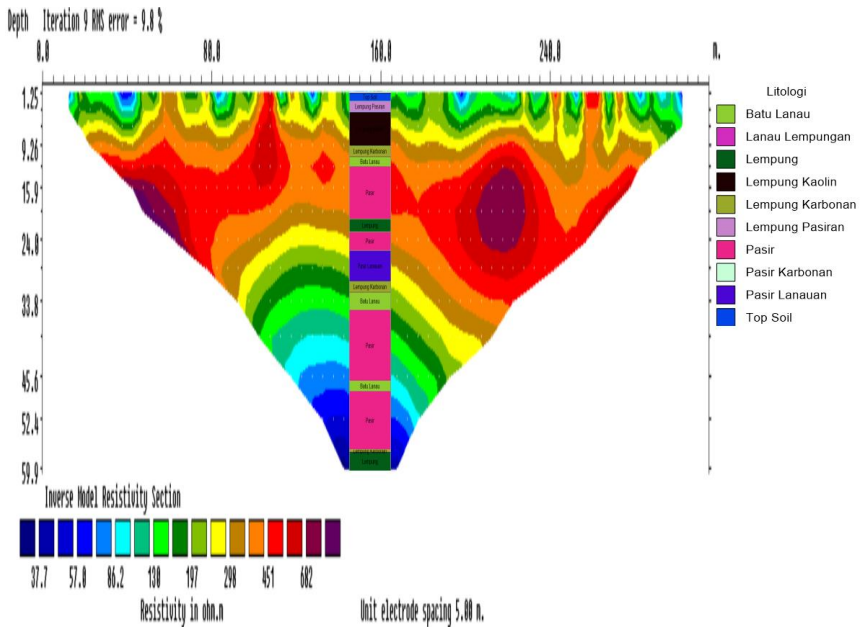
Gambar 4. 43 Korelasi data wenner line 1 dengan data bor titik 1

Hasil inversi line 2 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 39,8 - 347 Ωm . Rms error dari inversi 9.0 % dengan 7 kali proses iterasi. Pada kedalaman 0 meter sampai 5 meter terdapat lapisan yang diduga top soil yang diindikasikan oleh rentang resistivitas sebesar 55 Ωm hingga 250 Ωm . Lapisan top soil ini diduga merupakan lapisan pasir lempungan. Pada kedalaman 5 m sampai 30 meter diindikasikan sebagai lapisan pasir dengan rentang resistivitas 100 Ωm hingga 347 Ωm . Lapisan pada kedalaman 30 meter sampai 45 meter diduga sebagai lapisan lempung dengan range nilai resistivitas 59 Ωm hingga 72 Ωm dan diikuti oleh lapisan pasir dibawahnya dengan indikasi nilai resistivitas 39,8 Ωm hingga 53 Ωm . Hasil penampang bawah tanah dari pengolahan wenner menunjukkan kemiripan dengan hasil data bor dimana dapat dilihat di gambar 4.44.



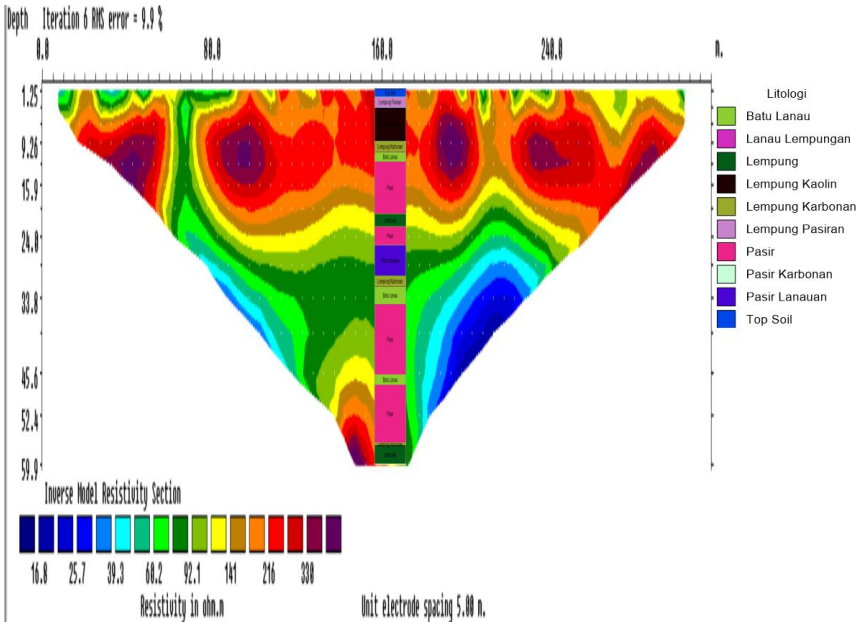
Gambar 4. 44 Korelasi data wenner line 2 dengan data bor titik 4

Hasil inversi line 3 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 37,7 - 682 Ωm . Rms error dari inversi 9.8 % dengan 9 kali proses iterasi. Pada kedalaman 0 meter sampai 4 meter terdapat lapisan yang diduga top soil yang diindikasikan oleh rentang resistivitas sebesar 57 Ωm hingga 300 Ωm . Lapisan top soil ini diduga merupakan lapisan pasir lempungan. Pada kedalaman 4 m sampai 9 meter diindikasikan sebagai lapisan lempung kaolin dengan rentang resistivitas 80 Ωm hingga 100 Ωm . Lapisan pada kedalaman 10 meter sampai 34 meter diduga sebagai lapisan pasir dengan range nilai resistivitas 130 Ωm hingga 682 Ωm . Sedangkan pada lapisan 34 sampai 52 meter diindikasikan sebagai lapisan lempung dengan range resistivitas 60 sampai 100 Ωm dan diikuti oleh lapisan pasir dibawahnya dengan indikasi nilai resistivitas 37,7 Ωm hingga 53 Ωm . Hasil penampang bawah tanah dari pengolahan wenner menunjukkan kemiripan dengan hasil data bor dimana dapat dilihat di gambar 4.45.



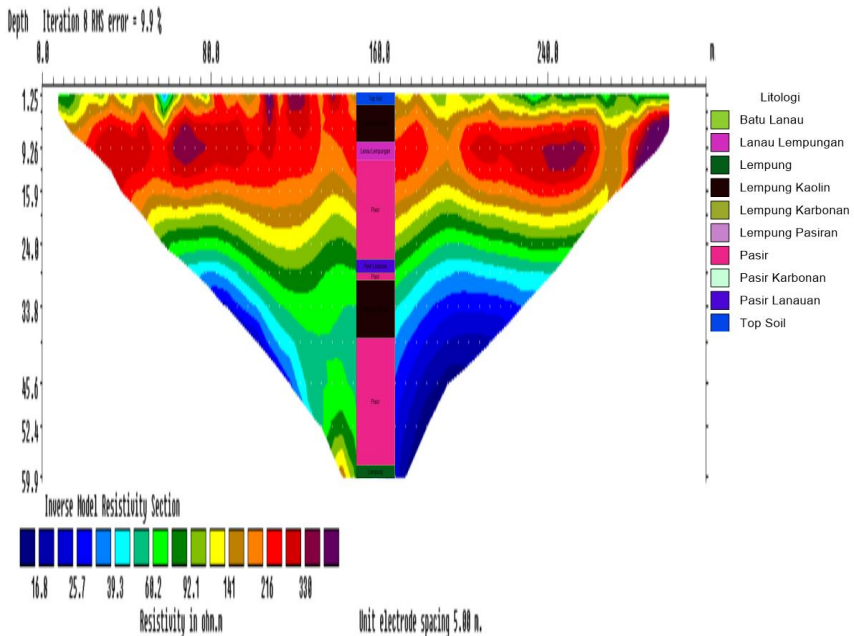
Gambar 4. 45 Korelasi data wenner line 3 dengan data bor titik 2

Hasil inversi line 4 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 6 kali proses iterasi. Pada kedalaman 0 meter sampai 4 meter terdapat lapisan yang diduga top soil yang diindikasikan oleh rentang resistivitas sebesar 70 Ωm hingga 250 Ωm . Lapisan top soil ini diduga merupakan lapisan pasir lempungan. Pada kedalaman 4 m sampai 8 meter terdapat lapisan lempung kaolin dengan rentang resistivitas 80 Ωm hingga 100 Ωm . Pada kedalaman 8 meter sampai 23 meter diindikasikan sebagai lapisan pasir dengan range resistivitas 100 sampai 330 Ωm . Lapisan pada kedalaman 23 meter sampai 40 meter diduga sebagai lapisan lempung dengan range nilai resistivitas 27 Ωm hingga 90 Ωm . Sedangkan pada lapisan 34 sampai 53 meter diindikasikan sebagai lapisan pasir dengan range resistivitas 16,8 Ωm hingga 25 Ωm diteruskan dengan lapisan pasir sampai kedalaman 60 meter dengan range resistivitas 140 Ωm sampai 300 Ωm . Hasil penampang bawah tanah dari pengolahan wenner menunjukkan kemiripan dengan hasil data bor dimana dapat dilihat di gambar 4.46.



Gambar 4. 46 Korelasi data wenner line 4 dengan data bor titik 2

Hasil inversi line 5 menunjukkan variasi nilai resistivitas yang didapatkan pada skala Ωm yaitu dengan rentang nilainya 16,8 - 330 Ωm . Rms error dari inversi 9.9 % dengan 8 kali proses iterasi. Pada kedalaman 0 meter sampai 4 meter terdapat lapisan yang diduga top soil yang diindikasikan oleh rentang resistivitas sebesar 100 Ωm hingga 250 Ωm . Lapisan top soil ini diduga merupakan lapisan pasir lempungan. Pada kedalaman 4 m sampai 28 meter terdapat lapisan pasir dengan rentang resistivitas 100 Ωm hingga 330 Ωm . Pada kedalaman 28 meter sampai 40 meter diindikasikan sebagai lapisan lempung dengan range resistivitas 40 sampai 90 Ωm . Lapisan pada kedalaman 40 meter diduga sebagai lapisan pasir dengan range nilai resistivitas 16,8 Ωm hingga 25 Ωm diteruskan dengan lapisan pasir sampai kedalaman 60 meter dengan range resistivitas 90 Ωm sampai 200 Ωm . Hasil penampang bawah tanah dari pengolahan wenner menunjukkan kemiripan dengan hasil data bor dimana dapat dilihat di gambar 4.47.



Gambar 4. 47 Korelasi data wenner line 5 dengan data bor titik 5

Dari hasil pengolahan wenner didapatkan litologi bawah permukaan masing-masing line dengan range resistivitas yang mirip. Litologi yang dihasilkan dari pengolahan wenner ini terdiri dari litologi pasir sampai lempung, dimana hasil ini sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian yaitu endapan rawa. Daerah ini umumnya disusun oleh endapan rawa berupa lempung, lanau dan pasir. Dari hasil data bor juga menunjukkan adanya lapisan lempung, lanau, dan pasir dikedalaman yang mirip dengan hasil pengolahan wenner. Sehingga ditemukan kemiripan dari hasil pengolahan wenner dengan geologi regional dan data bor daerah penelitian. Data bor yang dikorelasikan dengan hasil pengolahan wenner merupakan data bor yang memiliki titik terdekat dengan line wenner.

4.2.2 Hasil Pengolahan VES

Hasil interpretasi pengolahan data pada titik 1 didapatkan 4 jenis lapisan yaitu top soil, pasir, lempung pasiran, dan lempung. *Error* yang didapat pada pengolahan titik 1 ini adalah sebesar 5,84 %. Lapisan pertama pada hasil pengolahan titik 1 memiliki resistivitas 200 Ωm dengan ketebalan kurang dari 1 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil*. Lapisan kedua memiliki resistivitas 25 Ωm dengan ketebalan juga kurang dari 1 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung pasiran. Lapisan ketiga memiliki resistivitas 145 Ωm dengan ketebalan hampir 2 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Lapisan keempat memiliki resistivitas 29,8 Ωm

dengan ketebalan 6 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Lapisan kelima memiliki resistivitas 32,9 Ωm dengan ketebalan 24 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Lapisan keenam memiliki resistivitas 13,9 Ωm dengan ketebalan 25 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Hasil nilai resistivitas dan posisi kedalaman masing-masing lapisan setiap titik pengukuran serta grafik hasil pengolahan titik 1 diberikan dalam gambar 4.7 dan 4.8.

Hasil interpretasi pengolahan data pada titik 2 didapatkan 4 jenis lapisan yaitu top soil, pasir, lempung pasiran, dan lempung. *Error* yang didapat pada pengolahan titik 1 ini adalah sebesar 8,19 %. Lapisan pertama pada hasil pengolahan titik 1 memiliki resistivitas 272 Ωm dengan ketebalan kurang dari 1 meter. Lapisan kedua memiliki resistivitas 424 Ωm dengan ketebalan 3 meter. Lapisan ketiga memiliki resistivitas 146 Ωm dengan ketebalan 2,4 m. Lapisan satu sampai tiga diinterpretasikan sebagai lapisan top soil. Lapisan keempat memiliki resistivitas 20,4 Ωm dengan ketebalan 2,4 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung pasiran. Lapisan kelima memiliki resistivitas 35,1 Ωm dengan ketebalan 26 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Lapisan keenam memiliki resistivitas 11,3 Ωm dengan ketebalan 29 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Hasil nilai resistivitas dan posisi kedalaman masing-masing lapisan setiap titik pengukuran serta grafik hasil pengolahan titik 2 diberikan dalam gambar 4.9 dan 4.10.

Hasil interpretasi pengolahan data pada titik 3 didapatkan 4 jenis lapisan yaitu top soil, pasir, lempung pasiran, dan lempung. *Error* yang didapat pada pengolahan titik 1 ini adalah sebesar 8,3%. Lapisan pertama pada hasil pengolahan titik 1 memiliki resistivitas 191 Ωm dengan ketebalan 1 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan top soil. Lapisan kedua memiliki resistivitas 45,1 Ωm dengan ketebalan 2,7 meter. Lapisan ketiga memiliki resistivitas 22,2 Ωm dengan ketebalan 2,2 m. Lapisan dua dan tiga diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasiran. Lapisan keempat memiliki resistivitas 92 Ωm dengan ketebalan 2,4 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung kaolin. Lapisan kelima memiliki resistivitas 31 Ωm dengan ketebalan 26 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Lapisan keenam memiliki resistivitas 16,9 Ωm dengan ketebalan 21 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Hasil nilai resistivitas dan posisi kedalaman masing-masing lapisan setiap titik pengukuran serta grafik hasil pengolahan titik 3 diberikan dalam gambar 4.11 dan 4.12.

Hasil interpretasi pengolahan data pada titik 4 didapatkan 4 jenis lapisan yaitu top soil, pasir, lempung pasiran, dan lempung. *Error* yang didapat pada pengolahan titik 1 ini adalah sebesar 8,19 %. Lapisan pertama pada hasil pengolahan titik 1 memiliki resistivitas 686 Ωm dengan ketebalan kurang dari 1 meter. Lapisan kedua memiliki resistivitas 382 Ωm dengan ketebalan 1 meter. Lapisan pertama dan kedua diinterpretasikan sebagai lapisan top soil. Lapisan

ketiga memiliki resistivitas 79,4 Ωm dengan ketebalan 7,2 m, diinterpretasikan sebagai lapisan lempung kaolin. Lapisan keempat memiliki resistivitas 33,7 Ωm dengan ketebalan 20 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung pasir. Lapisan kelima memiliki resistivitas 11,3 Ωm dengan ketebalan 28 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Lapisan keenam memiliki resistivitas 21,7 Ωm dengan ketebalan 3 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Hasil nilai resistivitas dan posisi kedalaman masing-masing lapisan setiap titik pengukuran serta grafik hasil pengolahan titik 4 diberikan dalam gambar 4.13 dan 4.14.

Hasil interpretasi pengolahan data pada titik 5 didapatkan 4 jenis lapisan yaitu top soil, pasir, lempung pasir, dan lempung. *Error* yang didapat pada pengolahan titik 1 ini adalah sebesar 8,19 %. Lapisan pertama pada hasil pengolahan titik 1 memiliki resistivitas 368 Ωm dengan ketebalan kurang dari 1 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan top soil. Lapisan kedua memiliki resistivitas 47,1 Ωm dengan ketebalan 1 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir. Lapisan ketiga memiliki resistivitas 97,9 Ωm dengan ketebalan 4 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan lempung kaolin. Lapisan keempat memiliki resistivitas 31 Ωm dengan ketebalan 19 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Lapisan kelima memiliki resistivitas 10,9 Ωm dengan ketebalan 31 meter, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi pasir. Lapisan keenam memiliki resistivitas 20,4 Ωm dengan ketebalan 5 m, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan litologi lempung. Hasil nilai resistivitas dan posisi kedalaman masing-masing lapisan setiap titik pengukuran serta grafik hasil pengolahan titik 2 diberikan dalam gambar 4.15 dan 4.16.

Pada metode ini akan dilakukan pencocokan grafik data hasil pengukuran dengan grafik data hasil model yang kita buat. Pencocokan grafik dilakukan menyesuaikan jumlah lapisan, ketebalan lapisan, dan nilai resistivitas hingga grafik model dan grafik data pengukuran telah sesuai atau memiliki *error* yang kecil. Jumlah dan ketebalan lapisan pada pengolahan data disesuaikan dengan hasil interpretasi jenis litologi data bor. Penyesuaian dilakukan dengan mengamati titik VES dan titik bor yang berdekatan. Dari hasil pengolahan data VES didapatkan kemiripan jenis litologi bawah permukaan dengan geologi regional dan hasil data bor. Jenis litologi yang didapatkan dari pengolahan VES terdiri dari lempung, lanau, dan pasir dimana hasil ini mirip dengan geologi regional daerah penelitian dan hasil data bor.

4.2.3 Hasil Pengolahan 3D

Setelah dilakukan pengolahan data VES dengan menggunakan IP2Win, selanjutnya akan dilakukan pemodelan 3D. Pemodelan 3D kali ini menggunakan software Rockworks 16. Data yang digunakan dalam pengolahan 3D ini adalah data integrasi antara VES dan data bor. Data ini sendiri terdiri dari location, lithology, dan depth. Gambar 4.18 dan 4.19 menunjukkan hasil pemodelan litologi 3D bawah permukaan lokasi penelitian. Ada 2 model yang

dapat dihasilkan yaitu model algoritma *Lithoblending* dan *Closest Point*. Bentuk dari kedua model ini sangat mirip dimana lapisan yang dihasilkan sama ada 6 lapisan. *Lithoblending* dan *Closest point* ini merupakan algoritma dari software rockworks ini sendiri dimana nantinya digunakan dalam permodelan litologi 3D. *Lithoblending* ini sendiri memodelkan berdasarkan arah horizontal dimana jika di lokasi tertentu merupakan lempung maka area horizontal dekatnya merupakan lempung juga. Sedangkan *closest point* mirip dengan interpolasi nearest neighbor dimana pengambilan nilai estimasi terhadap titik berdasarkan pada pengaruh masing-masing titik terdekat. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa ada 5 lapisan di lokasi penelitian yaitu *top soil*, lempung kaolin, lempung pasir, pasir, dan lempung. Penampang yang dihasilkan sudah mirip dengan data bor karena data yang digunakan merupakan integrasi dari data geolistrik dan geoteknik (data bor).

4.2.4 Hasil Korelasi Resistivitas 1D dengan Parameter Tanah

Pada penelitian kali ini akan dicari persamaan empiris korelasi antara resistivitas dan parameter tanah. Penentuan persamaan empiris korelasi kali ini menggunakan software *Microsoft Excel*. Metode yang digunakan adalah regresi linier dan non linier (eksponensial, *power*, dan logaritmik) yang nantinya akan dipilih salah satu metode yang memiliki nilai paling baik. Data yang digunakan merupakan data integrasi antara data geolistrik dan data geoteknik (data bor).

Korelasi dilakukan dengan parameter *specific gravity* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.21 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *specific gravity*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = -0,0087x + 2,7374$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 1,5055x^{0,1876}$ dengan $R^2 = 0,5782$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 0,0073x + 1,8925$ dengan $R^2 = 0,2804$, pada lapisan lempung yaitu $y = -0,0195x + 3,0749$ dengan $R^2 = 1$, dan secara keseluruhan $y = 0,0009x + 2,4582$ dengan $R^2 = 0,1021$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi linier. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai *specific gravity* cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter *liquid limit* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.22 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *liquid limit*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = 0,0535x^{2,2291}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 2,9298x + 14,469$ dengan $R^2 = 0,7634$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 171,05\ln(x) - 724,49$ dengan $R^2 = 0,9963$, pada lapisan lempung yaitu $y = 0,085x^{1,796}$ dengan $R^2 = 1$, dan secara keseluruhan $y = 77,039x^{0,133}$ dengan $R^2 = 0,119$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis

regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai *liquid limit* cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter *plastic limit* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.23 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *plastic limit*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = 1,4978x^{-4,5857}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = -3,889\ln(x) + 40,354$ dengan $R^2 = 0,1381$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 6E-05x2,8492$ dengan $R^2 = 0,7734$, pada lapisan lempung yaitu $y = -0,6463x + 53,767$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = y = -0,1168x + 32,647$ dengan $R^2 = 0,4325$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini 0,4325, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori 0,3 sampai 0,5 yaitu korelasi lemah. Kedua parameter ini berkorelasi lemah karena sebaran data yang dihasilkan masih tidak menunjukkan trend tertentu.

Korelasi dilakukan dengan parameter *plasticity index* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.24 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *plasticity index*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = 0,0006x^{3,4221}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 4,4892e^{0,1207x}$ dengan $R^2 = 0,9542$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 0,0349e^{0,0709x}$ dengan $R^2=1$, pada lapisan lempung yaitu $y = 2E+08x^{-4,684}$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = 25,919x^{-0,068}$ dengan $R^2 = 0,0117$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai *plasticity index* cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter *pwater content* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.25 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *water content*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = 19,13\ln(x) - 26,048$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 0,5381x + 25,626$ dengan $R^2 = 0,2722$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 0,0085x^{1,7814}$ dengan $R^2 = 0,8603$, pada lapisan lempung yaitu $y = -76\ln(x) + 295,27$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = -3,945\ln(x) + 43,952$ dengan $R^2 = 0,3862$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini 0,3862, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori 0,3 sampai 0,5 yaitu

korelasi lemah. Kedua parameter ini berkorelasi lemah karena sebaran data yang dihasilkan masih tidak menunjukkan trend tertentu.

Korelasi dilakukan dengan parameter *dry density* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.26 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *dry density*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = -0,492\ln(x) + 2,943$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 1,552e-0,007x$ dengan $R^2 = 0,2139$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = -0,0224x + 3,5331$ dengan $R^2 = 0,949$, pada lapisan lempung yaitu $y = 1,2076\ln(x) - 2,7869$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = 0,0562\ln(x) + 1,2548$ dengan $R^2 = 0,1246$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai *dry density* cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter *void ratio* untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.27 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *void ratio*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasir yaitu $y = 0,1215x^{0,6079}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 1,2684x^{-0,197}$ dengan $R^2 = 0,9735$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 0,0129e^{0,0437x}$ dengan $R^2 = 0,8635$, pada lapisan lempung yaitu $y = 7346,9x^{-2,65}$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = 0,9492x^{-0,08}$ dengan $R^2 = 0,0687$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai *void ratio* cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter saturasi untuk data secara keseluruhan. Gambar 4.28 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan saturasi. Hasil yang didapatkan pada keseluruhan $y = -0,1521x + 103,61$ dengan $R^2 = 0,3319$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $0,3319$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori $0,3$ sampai $0,5$ yaitu korelasi lemah. Kedua parameter ini berkorelasi lemah karena sebaran data yang dihasilkan masih tidak menunjukkan trend tertentu. Kemungkinan lain yang dapat menyebabkan lemahnya korelasi antara dua parameter ini adalah karena kondisi saturasi yang cenderung seragam ($\sim 70 - 100$ %), sehingga *trend* saturasi tidak nampak.

Korelasi dilakukan dengan parameter sudut geser untuk lempung pasir, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.29 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan sudut geser. Hasil yang

didapatkan pada lapisan lempung pasiran yaitu $y = 1,8957x^{-33,441}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 21,452e^{-0,068x}$ dengan $R^2 = 0,4054$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 37,558e^{-0,018x}$ dengan $R^2 = 0,4761$, pada lapisan lempung yaitu $y = 2,5024x^{-69,776}$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = -0,0231x + 10,344$ dengan $R^2 = 0,0378$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $< 0,3$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori tidak memiliki korelasi. Kedua parameter ini tidak berkorelasi karena sebaran data yang dihasilkan tidak memiliki trend tertentu dimana nilai sudut geser cenderung bervariasi untuk nilai resistivitas yang sama.

Korelasi dilakukan dengan parameter *shear strength* untuk lempung pasiran, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.30 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan *shear strength*. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasiran yaitu $y = 40,487e^{-0,032x}$ dengan $R^2 = 1$, pada lapisan pasir yaitu $y = 2,4919x^{1,1215}$ dengan $R^2 = 0,4544$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 2E+06e^{-0,134x}$ dengan $R^2 = 0,5281$, pada lapisan lempung yaitu $y = 92,021e^{-0,018x}$ dengan $R^2=1$, dan secara keseluruhan $y = 58,394e^{-0,019x}$ dengan $R^2 = 0,3582$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $0,3582$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori $0,3$ sampai $0,5$ yaitu korelasi lemah. Kedua parameter ini berkorelasi lemah karena sebaran data yang dihasilkan masih tidak menunjukkan trend tertentu.

Korelasi dilakukan dengan parameter N-SPT untuk lempung pasiran, pasir, lempung kaolin, lempung dan data secara keseluruhan. Gambar 4.31 menunjukkan grafik korelasi antara resistivitas dan N-SPT. Hasil yang didapatkan pada lapisan lempung pasiran yaitu $y = 24,687\ln(x) - 57,348$ dengan $R^2 = 0,1275$, pada lapisan pasir yaitu $y = 9,353\ln(x) + 20,484$ dengan $R^2 = 0,0288$, pada lapisan lempung kaolin yaitu $y = 1,4239x - 108,9$ dengan $R^2 = 0,7232$, pada lapisan lempung yaitu $y = -20,38\ln(x) + 106,93$ dengan $R^2 = 0,073$, dan secara keseluruhan $y = 395,13x - 0,811$ dengan $R^2 = 0,5189$. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Metode yang digunakan untuk semua data adalah jenis regresi power. Nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan kedua parameter ini $0,5189$, menurut (Jusoh and Osman, 2017) kedua parameter masuk kedalam kategori $0,5$ sampai $0,7$ yaitu korelasi sedang. Kedua parameter ini berkorelasi sedang karena sebaran data yang dihasilkan sudah sedikit menunjukkan trend tertentu.

4.2.5 Hasil Korelasi Resistivitas 2D dengan Parameter Tanah

Pada subsub-bab sebelumnya sudah dijelaskan hasil korelasi antara data resistivitas 1D (VES) dengan parameter tanah. Selain resistivitas 1D, diambil juga korelasi antara data resistivitas 2D dengan parameter tanah. Data yang digunakan berjumlah 10 data dari 5 titik bor. Untuk range data dari resistivitas

2D berada di range 20 – 290 Ω m, sedangkan data parameter tanah yang digunakan sama seperti data parameter tanah sebelumnya untuk tiap parameter. Untuk korelasi resistivitas 2D dengan N-SPT memiliki range resistivitas 10,9 – 643 Ω m. Hasil korelasi menunjukkan bahwa korelasi antara resistivitas 2D tidak berkorelasi dengan semua parameter tanah pada penelitian ini. Semua nilai koefisien determinasi R^2 dari hubungan resistivitas 2D dan parameter tanah bernilai dibawah 0,3, menurut (Jusoh and Osman, 2017) hubungan ini masuk kedalam kategori $<0,3$ yaitu tidak berkorelasi. Kedua parameter tidak memiliki korelasi karena sebaran data yang dihasilkan masih tidak menunjukkan trend tertentu.

4.2.6 Pembahasan Korelasi

Hasil korelasi yang didapat ada sebanyak dua jenis, yaitu korelasi antara resistivitas 1D dengan parameter tanah dan korelasi antara resistivitas 2D dengan parameter tanah. Hasil dari korelasi resistivitas 1D dengan parameter tanah menunjukkan bahwa *specific gravity*, *liquid limit*, *plasticity index*, *void ratio*, *dry density*, sudut geser tidak memiliki korelasi. Sedangkan untuk parameter *water content*, *plastic limit*, saturasi, dan *shear strength* memiliki korelasi lemah, dan N-SPT merupakan satu-satunya yang memiliki korelasi sedang. Untuk hasil dari korelasi antara resistivitas 2D dengan parameter tanah menunjukkan bahwa hubungan antara resistivitas dengan parameter tanah pada *dataset* yang digunakan tidak memiliki korelasi dengan $R^2 < 0,3$. Perbedaan hasil korelasi antara dua jenis resistivitas ini diakibatkan karena perbedaan data resistivitas. Selain itu juga data resistivitas 2D memiliki variasi yang sangat beragam untuk satu range kedalaman tertentu, sehingga hal ini memungkinkan terjadinya kesalahan dalam pemilihan data resistivitas yang sesuai dengan parameter tanah. Sedangkan pada data resistivitas 1D hanya ada satu data resistivitas pada satu range kedalaman tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa data resistivitas 1D lebih mudah digunakan untuk mengkorelasikan dengan parameter tanah karena datanya tidak memiliki variasi di satu kedalaman tertentu. Penelitian terdahulu tentang korelasi antara dua parameter ini lebih banyak yang menggunakan data resistivitas 1D, sedangkan penelitian terdahulu yang menggunakan data resistivitas 2D terdapat didalam penelitian Long et.al (2012). Dalam penelitian Long et.al (2012) didapatkan Resistivitas 2D dengan parameter hasilnya tidak berkorelasi untuk *plasticity index*, *shear strength*, *water content*, dan densitas. Dimana hasil korelasi nya tidak memiliki trend tertentu. Sedangkan *Shear strength* dibawah 0,5 kPa memiliki korelasi dengan resistivitas 2D.

Sudah banyak penelitian tentang korelasi antara dua parameter ini. Penelitian tentang korelasi resistivitas dan parameter tanah pada tanah lempung telah dilakukan oleh (Kibria, 2011). Hasil yang diperoleh (Kibria, 2011) menunjukkan bahwa nilai resistivitas menunjukkan korelasi yang baik dengan *water content*, *densitas*, saturasi. Penelitian lain dilakukan oleh (Rezaei et al., 2018b) pada studi kasus tanah longsor di Iran. Hasilnya diperoleh bahwa

resistivitas menunjukkan korelasi yang baik dengan *water content*, dan berkorelasi sedang dengan N-SPT, namun tidak memiliki korelasi dengan *specific gravity*, dan *atterberge limit*. Penelitian tentang korelasi ini juga dilakukan oleh (Jusoh and Osman, 2017) dimana didapatkan bahwa resistivitas dan sudut geser tidak berkorelasi. Siddiqui dan Osman (2012) juga melakukan penelitian tentang korelasi antara kedua parameter ini, dimana mereka mendapatkan resistivitas dengan *shear strength* memiliki korelasi lemah dan resistivitas dengan N-SPT memiliki korelasi sedang.

Perbedaan hasil korelasi antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi perbedaan ini yaitu proses pengumpulan dan pengolahan data, jumlah data, dan daerah penelitian. Jumlah data parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini sangat sedikit dimana hal ini lah yang sangat mempengaruhi hasil korelasi penelitian ini. Sedikitnya jumlah data parameter tanah yang didapat menyebabkan bentuk trend data yang tidak sesuai dengan model regresi yang ada. Sehingga penggunaan jenis regresi lebih ke *trial and error*. Maka dari itu dilakukan *trial and error* pada data menggunakan 4 jenis regresi dimana nantinya dipilih regresi yang memiliki koefisien determinasi (R^2) tertinggi. Rangkuman korelasi resistivitas dan parameter tanah diberikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Korelasi resistivitas dan parameter tanah

No	Parameter		Korelasi
	Resistivitas	Tanah	
1	Resistivitas	<i>Spesific Gravity</i>	Tidak Berkorelasi
2	Resistivitas	<i>Liquid Limit</i>	Tidak Berkorelasi
3	Resistivitas	<i>Plastic Limit</i>	Korelasi Lemah
4	Resistivitas	<i>Plasticity Index</i>	Tidak Berkorelasi
5	Resistivitas	<i>Water Content</i>	Korelasi Lemah
6	Resistivitas	<i>Void Ratio</i>	Tidak Berkorelasi
7	Resistivitas	Saturasi	Korelasi Lemah
8	Resistivitas	Densitas	Tidak Berkorelasi
9	Resistivitas	<i>Sudut Geser</i>	Tidak Berkorelasi
10	Resistivitas	<i>Shear Strength</i>	Korelasi Lemah
11	Resistivitas	N-SPT	Korelasi Sedang

Tabel 4. 3 Korelasi resistivitas 2D dan parameter tanah

No	Parameter		Korelasi
	Resistivitas	Tanah	
1	Resistivitas	<i>Spesific Gravity</i>	Tidak Berkorelasi
2	Resistivitas	<i>Liquid Limit</i>	Tidak Berkorelasi
3	Resistivitas	<i>Plastic Limit</i>	Tidak Berkorelasi
4	Resistivitas	<i>Plasticity Index</i>	Tidak Berkorelasi
5	Resistivitas	<i>Water Content</i>	Tidak Berkorelasi
6	Resistivitas	<i>Void Ratio</i>	Tidak Berkorelasi
7	Resistivitas	Saturasi	Tidak Berkorelasi
8	Resistivitas	Densitas	Tidak Berkorelasi
9	Resistivitas	<i>Sudut Geser</i>	Tidak Berkorelasi
10	Resistivitas	<i>Shear Strength</i>	Tidak Berkorelasi
11	Resistivitas	N-SPT	Tidak Berkorelasi

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah didapatkan model 2D bawah permukaan yang terdiri dari litologi pasir lempungan, lempung kaolin, lempung, dan pasir. Range resistivitas yang didapatkan adalah 16,8 - 330 Ω m untuk GL 1, 39,8 - 347 Ω m untuk GL 2, 37,7 - 682 Ω m untuk GL 3, 16,8 - 330 Ω m untuk GL 4, 16,8 - 330 Ω m untuk GL 5.
2. Telah didapatkan model 3D litologi bawah permukaan yang terdiri dari top soil (191 – 686 Ω m), lempung pasir (20,4 – 47,1 Ω m), lempung kaolin (79,4 – 97,7 Ω m), lempung (20,4 – 35,1 Ω m), dan pasir (10,9 – 16,9 Ω m).
3. Didapatkan hasil korelasi antara resistivitas dengan parameter tanah yang terdiri dari tidak berkorelasi ($R^2 < 0,3$) sampai berkorelasi sedang ($R^2 = 0,5-0,7$). Parameter tanah yang tidak berkorelasi dengan resistivitas 1D meliputi *specific gravity*, *liquid limit*, *plasticity index*, *void ratio*, *dry density*, sudut geser. Parameter *water content* ($R^2 = 0,3862$), *plastic limit* ($R^2 = 0,4325$), saturasi ($R^2 = 0,3319$), dan *shear strength* ($R^2 = 0,3582$) memiliki korelasi lemah, dan N-SPT merupakan satu-satunya yang memiliki korelasi sedang dengan $R^2 = 0,5189$. Resistivitas 2D memiliki nilai $R^2 < 0,3$ dengan semua parameter tanah pada penelitian ini, dimana nilai ini masuk kedalam kategori tidak berkorelasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis data dan hasil penelitian ini, penulis menyarankan pada penelitian selanjutnya dilakukan uji lab tanah tambahan karena hasil lab yang tersedia hanya 2 kedalaman di setiap titik bor. Selain itu juga penulis menyarankan untuk melakukan penelitian tentang korelasi di daerah yang memiliki lapisan lain misalnya silt untuk mengetahui perbedaannya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Gawad, A.M.S., Helaly, A.S., Abd El-Latif, M.S.E., 2018. Application of geoelectrical measurements for detecting the ground-water seepage in clay quarry at Helwan, southeastern Cairo, Egypt. *NRIAG J. Astron. Geophys.* 7, 377–389. <https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2018.04.003>
- Ali, F., Najib, N., Ali, R.K., 2018. Kajian Geoteknik untuk Perencanaan Pembangunan Pemukiman Baru pada Kawasan Handil Berkat Makmur, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. *J. Geosains Dan Teknol.* 1, 50. <https://doi.org/10.14710/jgt.1.2.2018.50-58>
- Arsyad, A., Harianto, T., Samang, L., Hamid, W., Angi, R., 2013. ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN INTEGRASI DATA GEOFISIKA TAHANAN BATUAN DAN GEOTEKNIK N-SPT (257G) 8.
- Asmara, M.S., 2017. APLIKASI METODE RESISTIVITAS 2D DALAM PERMODELAN KESTABILAN LERENG PADA DAERAH RAWAN LONGSOR STUDI KASUS: DESA OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR 110.
- Bemmelen, P.W.V., 1949. *The Geology of Indonesia Vol. II.* Government Printing Office, The Hague, Netherland.
- Devi, A., Israil, M., Anbalagan, R., Gupta, P.K., 2017. Subsurface soil characterization using geoelectrical and geotechnical investigations at a bridge site in Uttarakhand Himalayan region. *J. Appl. Geophys.* 144, 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2017.07.005>
- Gujarati, Damodar N., 2003. *Basic econometrics*, 4th ed. ed. McGraw Hill, Boston.
- Gujarati, Damodar N., 2003. *Basic Econometrics*, Fourth Edi. ed. Gary Burke, New York.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S., Sturdivant, R.X., 2000. *Applied Logistic Regression*, Second Edi., 2nd ed, Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118548387>
- I., Y., A., I., Raupong, 2014. Pengujian Kesamaan Beberapa Model Regresi Non Linier Geometri (Studi Kasus : Data Emisi CO2 dan Gross Nation Product di Malaysia, Bhutan, dan Nepal). Univ. Hasanuddin.
- Jusoh, H., Osman, S.B.S., 2017. The Correlation between Resistivity and Soil Properties as an Alternative to Soil Investigation. *Indian J. Sci. Technol.* 10. <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i6/111205>
- Kibria, G., 2011. *DETERMINATION OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF CLAYEY SOIL FROM.* University of Texas.
- Loke, M.H., 2004. Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys.
- Loke, M.H., 1999. *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies* 67.

- Mustofa, I., 2019. Metode Vertical Electrical Sounding (VES) dan Parameter Geoteknik Dalam Pemodelan 3D Bawah Permukaan.
- Nwosu, L.I., Emujakporue, G.O., Nwosu, B.O., 2017. Integration of Geoelectrical and Geotechnical Data for Evaluation of the Structural Disposition of the Foundation Beds within the University of Port Harcourt, Nigeria 5, 16.
- Prayogo, K., Saptowati, H., 2016. PENYELIDIKAN STRUKTUR DAN KARAKTERISTIK TANAH UNTUK DESAIN PONDASI IRADIATOR GAMMA KAPASITAS 2 MCi 10, 21.
- Reynolds, J.M., 1997. An introduction to applied and environmental geophysics. John Wiley, Chichester ; New York.
- Rezaei, S., Shooshpasha, I., Rezaei, H., 2018a. Empirical Correlation between Geotechnical and Geophysical Parameters in a Landslide Zone (Case Study: Nargeschal Landslide). *Earth Sci. Res. J.* 22, 195–204. <https://doi.org/10.15446/esrj.v22n3.69491>
- Rezaei, S., Shooshpasha, I., Rezaei, H., 2018b. Empirical Correlation between Geotechnical and Geophysical Parameters in a Landslide Zone (Case Study : Nargeschal Landslide). *Earth Sci. Res. J.* 22, 195–204.
- Santoso, D., 2002. Pengantar Teknik Geofisika. ITB, Bandung.
- Siddiqui, F.I., Osman, S.B. harom A.B.S., 2012. Integrating Geo-Electrical and Geotechnical Data for Soil Characterization. *Int. J. Appl. Phys. Math.* 104–106. <https://doi.org/10.7763/IJAPM.2012.V2.63>
- Sikumbang, N., Heryanto, R., 2009. Geological map of the Banjarmasin Quadrangle, Kalimantan. Scale 1: 250,000. *Geol. Res. Dev. Cent. Indones.* 1.
- Souisa, M., 2018. KAJIAN GERAKAN TANAH MELALUI INTEGRASI MULTIDISIPLIN (Studi Kasus: Longsor Amahusu Kecamatan Nusaniwe Ambon) 7.
- Sudha, K., Israil, M., Mittal, S., Rai, J., 2009. Soil characterization using electrical resistivity tomography and geotechnical investigations. *J. Appl. Geophys.* 67, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2008.09.012>
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. Applied geophysics, 2nd ed. ed. Cambridge University Press, Cambridge [England] ; New York.
- Universitas Komputer Indonesia, 2010. Regresi Non Linier.
- Yanti, I., A. I., Raupong, 2014. Pengujian Kesamaan Beberapa Model Regresi Non Linier Geometri (Studi Kasus Data Emisi CO2 Dan Gross Nation Product Di Malaysia, Bhutan, Dan Nepal.
- Zohdy, A.A.R., 1965. THE AUXILIARY POINT METHOD OF ELECTRICAL SOUNDING INTERPRETATION, AND ITS RELATIONSHIP TO THE DAR ZARROUK PARAMETERS. *GEOPHYSICS* 30, 644–660. <https://doi.org/10.1190/1.1439636>

BIODATA PENULIS



Joan Sintong Nugroho Hutapea merupakan nama penulis skripsi ini. Penulis lahir di Pematang Siantar tanggal 16 Juni 1999. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Hofman Hutapea dan Dame Nelly Pasaribu. Riwayat pendidikan yang penulis tempuh dimulai dari TK Pangkut, SDN 023 Babulu, SMPK Pamardi Yuwana Bhakti Bekasi, SMAK Marsudirini Bekasi, dan memasuki perguruan tinggi Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur mandiri pada tahun 2016.

Penulis juga bergerak dalam organisasi dan kepanitiaan selama periode pendidikan tinggi di ITS. Pengalaman organisasi yang pernah penulis ikuti selama perkuliahan diantaranya anggota dan staff Biro Geopreneur Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) 2018/2019, Kepala divisi Human Resource SEG ITS SC, dan staff PD GEO ITS. Penulis juga berkesempatan menjadi panitia dari berbagai kegiatan kemahasiswaan di ITS seperti LKMW ITS, GEOTRAIN, dan Geosphere. Penulis juga menjadi asisten mata kuliah komputasi geofisika.

Selain kegiatan organisasi dan kepanitiaan, penulis juga mengikuti beberapa pelatihan selama periode perguruan tinggi di ITS. Pelatihan yang pernah diikuti diantaranya Latihan Keterampilan Manajerial Mahasiswa (LKMM) Tingkat Pra-Dasar, LKMW Tingkat Dasar (LKMM-TD). Pada tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktik di Pertamina Hulu Energi OSES, Jakarta. Demikian profil singkat tentang penulis. Penulis sangat berkenan dalam mendapatkan saran, kritik, maupun ajakan diskusi lebih lanjut mengenai Proposal Tugas Akhir ini.