

Identifikasi Lapisan Keras pada Kompleks Laboratorium Teknik dengan Menggunakan Data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Standard Penetration Test (SPT) di Institut Teknologi Sumatera

Lezy Nur Utari ^{*a}, Rustadi ^b, Nono Agus Santoso ^c

^aInstitut Teknologi Sumatera

^bUniversitas Lampung

^cInstitut Teknologi Sumatera

* E-mail: lezynurutari@gmail.com

Abstract: Measurement has been carried out using the Vertical Electrical Sounding geoelectric (VES) method and secondary data in the form of Standard Penetration Test (SPT) soil test from PT Batu Raden Consultant at the Technical Laboratory Complex of the Institut Teknologi Sumatera. This study aims to identify subsurface hard layers using VES geoelectric data and SPT to serve as building foundations so that building failures can be minimized. Geoelectric method is a geophysical method to determine rock structure using the earth's electrical properties (resistivity value), whereas SPT is a geotechnical method that is carried out to determine subsurface structures by means of soil drilling and to know the pressure value of each soil layer. The subsurface structure of the area can be identified that the layer consists of tuff rock (tuff) which has claystone and sandstone. The hard layer in the Engineering Laboratory Complex of the Institut Teknologi Sumatera is thought to be tuffaceous sandstones at a depth of 10 m to a depth of 27 m which can be used as a building foundation in the construction of the Technical Laboratory Complex of the Institut Teknologi Sumatera.

Keywords: Hard layers, Vertical Electrical Sounding (VES), Standard Penetration Test (SPT), ITERA Engineering Laboratory Complex.

Abstrak: Telah dilakukan pengukuran menggunakan metode geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan data sekunder berupa data uji tanah *Standard Penetration Test* (SPT) dari PT Batu Raden Konsultan di Kompleks Laboratorium Teknik Institut Teknologi Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lapisan keras bawah permukaan dengan menggunakan data geolistrik VES dan SPT untuk dijadikan sebagai pondasi bangunan agar kegagalan bangunan dapat diminimalisasi. Metode Geolistrik merupakan metode geofisika untuk mengetahui struktur batuan dengan menggunakan sifat kelistrikan bumi (nilai resistivitas), sedangkan SPT merupakan metode geoteknik yang dilakukan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah dengan cara pengeboran tanah dan mengetahui nilai tekanan tiap lapisan tanah. Adapun struktur lapisan bawah permukaan daerah tersebut dapat teridentifikasi bahwa lapisan terdiri dari batuan tuff (tufa) yang mana terdapat sisipan pasir dan sisipan lempung. Lapisan keras di Kompleks Laboratorium Teknik Institut Teknologi Sumatera diduga merupakan pasir tuffaan berada pada kedalaman 10 m menerus hingga kedalaman 27 m yang dapat dijadikan pondasi bangunan dalam pembangunan Kompleks Laboratorium Teknik ITERA.

Kata Kunci : Lapisan keras, *Vertical Electrical Sounding* (VES), *Standard Penetration Test* (SPT), Kompleks Laboratorium Teknik ITERA.

Pendahuluan

Institut Teknologi Sumatera (ITERA) adalah sebuah perguruan tinggi yang berlokasi di Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Pendirian ITERA bertujuan untuk meningkatkan kapasitas daya tampung mahasiswa perguruan tinggi di Sumatera. ITERA memiliki lahan sangat luas yaitu sekitar 275 ha. Ketersediaan lahan yang siap bangun dan sangat luas tersebut ditargetkan mampu menampung sebanyak 64.000 mahasiswa untuk 25 tahun kedepan.

Sebagai kampus negeri yang sedang berkembang, ITERA banyak membangun infrastruktur yang dapat mendukung terlaksananya kegiatan akademik dan non-akademik seperti, pembangunan gedung kuliah yang dilengkapi dengan laboratorium. Dalam dunia pembangunan, sering terjadi kegagalan karena pemanfaatan tanah yang kurang efektif termasuk dalam pembangunan gedung perkuliahan. Tanah mempunyai peranan penting pada suatu konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung dalam suatu bangunan. Pentingnya survei sebelum pembangunan dapat memperkecil potensi kegagalan pembangunan tersebut. Hasil geolistrik di suatu daerah dapat dijadikan acuan untuk penelitian di daerah lain yang dapat digunakan sebagai studi literatur. Namun tidak bisa disamakan karena kondisi daerah penelitian belum tentu sama, maka dari itu perlunya data penguat seperti SPT untuk memastikan detail jenis material yang terdapat pada wilayah lokasi penelitian. Sebelumnya di Institut Teknologi Sumatera belum pernah dilakukan penelitian menggunakan data VES dan SPT untuk mengetahui lapisan keras. Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi lapisan keras pada Kompleks Laboratorium Teknik dengan menggunakan data VES dan SPT di Institut Teknologi Sumatera agar kegagalan bangunan dapat diminimalisasi.

Teori Dasar

A. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan ilmu yang mempelajari struktur bawah permukaan tanah dengan menggunakan sifat-sifat listrik batuan, formasi batuan atau bagian dari suatu batuan di dalam permukaan bumi. Metode geolistrik dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam berdasarkan sumber arus listrik yaitu (Burger, 1992):

- a. Metode aktif yaitu sumber arus listrik yang digunakan dialirkan ke dalam tanah atau batuan bumi, kemudian efek potensialnya diukur di dua titik permukaan tanah dengan jalan menggunakan aktivitas elektrokimia alami.
- b. Metode pasif yaitu menggunakan arus listrik yang terjadi akibat adanya aktivitas elektrokimia dan elektromekanik dalam material-material penyusun batuan. Metode geolistrik yang memanfaatkan

adanya arus listrik alami antara lain *Self Potensial (SP)* dan *Magnetotelluric*.

Metode geolistrik tahanan jenis itu memiliki sifat homogen isotropis. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun, pada kenyataannya bumi memang tersusun dari lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda pula, sehingga potensial yang terukur tersebut merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan itu. Oleh karena itu, harga resistivitas yang diperoleh itu bukanlah nilai resistivitas yang sebenarnya. Namun resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu (ρ_a) (Reynold, 2005).

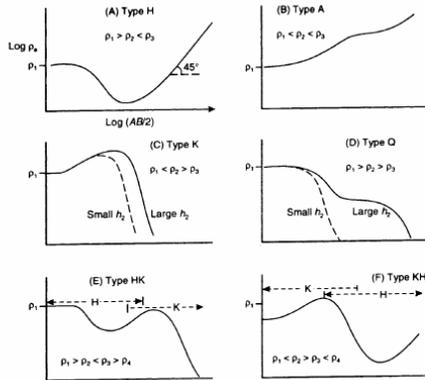
Berdasarkan pada persamaan besar resistivitas semu dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Dimana K adalah adalah faktor geometri yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus. Dengan mengukur ΔV dan I, maka dapat ditentukan harga resistivitas ρ (Reynolds, 2005).

B. Vertical Electrical Sounding (VES)

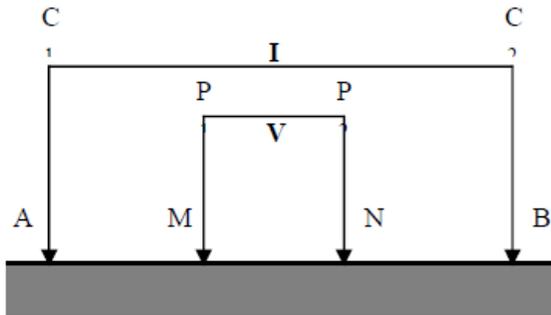
Metode geolistrik *sounding* atau *Vertical Electrical Sounding (VES)* adalah metode pengukuran resistivitas 1D untuk memperoleh variasi resistivitas bawah permukaan secara vertikal (Santoso dkk., 2016). Pada metode VES, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan cara mengubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Hasil yang didapat dari pengukuran VES adalah kurva resistivitas. Secara umum pada metode VES dikenal enam jenis kurva yaitu kurva H, A, K, Q, HK, KH. Bentuk dari kurva H, A, K, Q, HK, KH dapat dilihat pada **Gambar 1**. Dari setiap kurva akan memberikan informasi mengenai jumlah lapisan, ketebalan lapisan, dan nilai resistivitas dari setiap lapisan batuan.



Gambar 1. Kurva sounding secara umum (Telford,1990)

C. Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi Schlumberger seperti Gambar 2 idealnya pada jarak MN dibuat sekecil-kecilnya. Elektroda M dan N digunakan sebagai elektroda potensial dan elektroda A dan B sebagai elektroda arus. Pada konfigurasi Schlumberger ini, nilai $MN < AB$. Sehingga jarak MN secara teoritis tidak mengalami perubahan, tetapi karena adanya keterbatasan kepekaan peralatan pengukuran maka ketika jarak AB sudah relatif besar jarak MN harus dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB.

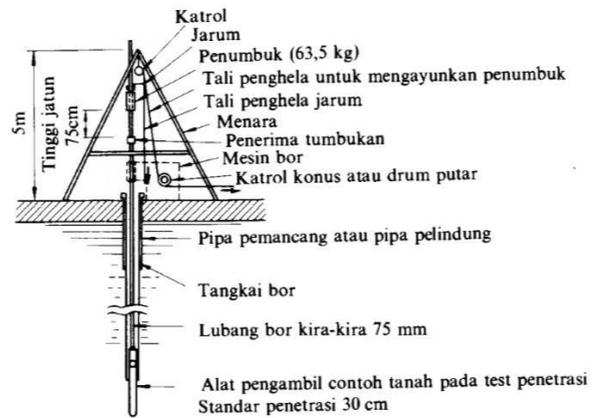


Gambar 2. Pengaturan Elektroda Konfigurasi Schlumberger (Yulianto dkk., 2008).

$$K = \pi \left[\frac{a^2 - b^2}{2b} \right] \quad (2)$$

D. Standard Penetration Test (SPT)

Metode pengujian tanah dengan SPT (*Standard 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.



Gambar 3. Alat Uji SPT (Standard Penetration Test) (Sosrodarsono, 2000)

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 (Wiraga, 2011).

E. Hubungan SPT dan Kecepatan Gelombang Geser (Vs)

Standard penetration Test (SPT) merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah dalam penyelidikan tanah di lapangan. Semakin besar nilai N dapat menunjukkan semakin kakunya tanah. Pengujian di lapangan dengan SPT sampai saat ini menjadi metode yang paling tepat dalam proyek-proyek penyelidikan tanah. Kecepatan gelombang geser (Vs) tanah merupakan aspek geoteknik yang paling penting. Kapasitas daya dukung pondasi dangkal atau pondasi dalam, stabilitas lereng, desain dinding penahan tanah dan desain perkerasan secara tak langsung semua dipengaruhi oleh kecepatan gelombang geser tanah. Struktur dan lereng harus stabil dan aman terhadap keruntuhan total ketika diberikan pembebanan maksimum.

Beberapa hubungan N SPT dengan parameter kecepatan gelombang geser (V_s) telah dikembangkan oleh beberapa peneliti terdahulu dan digunakan dalam aplikasi geoteknik. Adapun untuk menentukan nilai V_s dapat digunakan rumus sebagai berikut (Kumar dkk., 2016):

$$V_s = 130 + 7.5 N \quad (3)$$

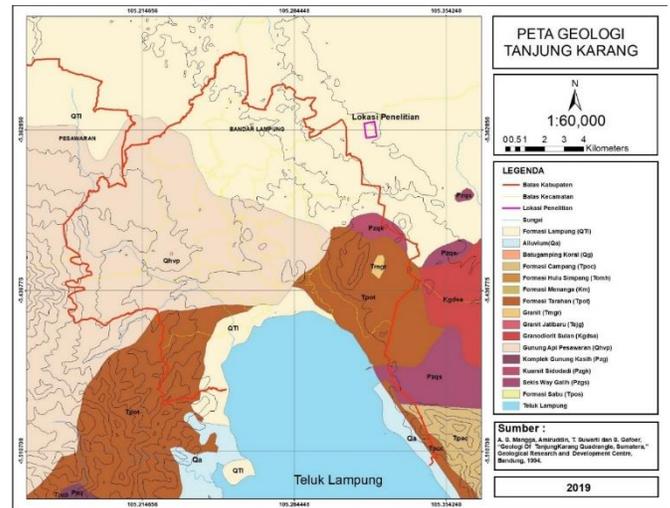
Berikut keterangan jenis tanah (FEMA, 2003):

- A Batuan Keras $V_s > 1524$ m/s
- B Batuan: $762 < V_s < 1524$ m/s
- C Tanah keras, sangat padat: $365.76 < V_s < 762$ m/s
- D Tanah sedang: $182.88 < V_s < 365.76$ m/s
- E Tanah lunak $V_s < 182.88$ m/s
- F Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs.

Tinjauan Geologi

A. Geologi Regional

Berdasarkan peta geologi Mangga dkk. (1993) daerah penelitian tugas akhir yang dilakukan di kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) merupakan bagian dari satuan Formasi Lampung (Qtl) di Lembar Tanjungkarang. Kompleks Gunung Kasih (Pzg) yang terdiri dari batuan malihan (*metamorphic rocks*), ditafsirkan merupakan satuan geologi tertua pada Lembar Tanjung Karang. Lokasi penelitian berada pada Lembar Tanjung Karang, Formasi Lampung (Qtl) diperlihatkan pada **Gambar 5** (yang ditunjukkan oleh kotak berwarna merah muda). Formasi Lampung (Qtl) yang ditafsirkan mendominasi hampir seluruh wilayah pada Lembar Tanjung Karang ini terdiri dari batuan riolit-tufan dan vulkanoklastik tufan. Formasi ini terdiri dari tuf berbatuapung, tuf riolitik, tuf padu tufit, batu lempung tufan dan batu pasir tufan, berumur Plistosen, tersebar luas diseluruh Lembar Tanjung Karang, khususnya di bagian Timur dan Timur Laut dengan ketebalan mencapai 500 m. Diendapkan di lingkungan terestrial-fluvial air payau. Menindih tak selaras batuan-batuan yang lebih tua.



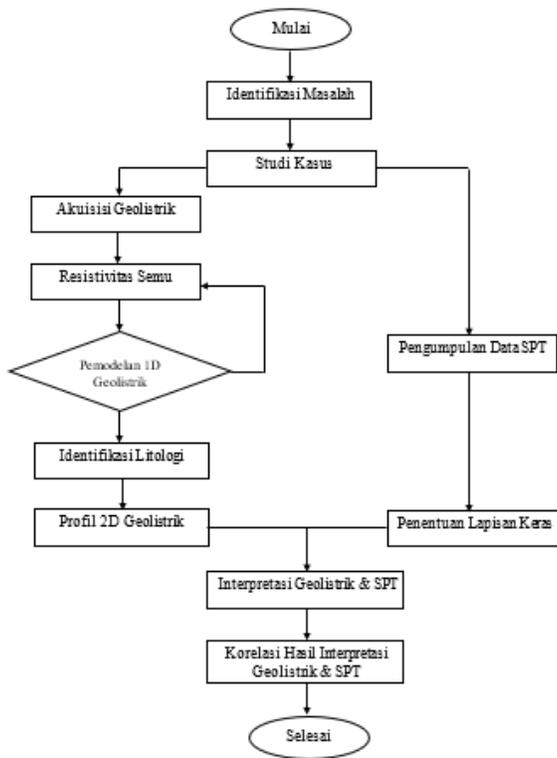
Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian (modifikasi dari Mangga dkk., 1993).

Metodologi

Penelitian terdiri dari beberapa kegiatan yaitu pengambilan data yang kemudian dikorelasikan dengan data sekunder berupa SPT. Pengambilan data penelitian ini dilakukan pada April 2020 yang berlokasi di kampus Institut Teknologi Sumatera Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dengan koordinat $5^{\circ}21'29.99''$ S $105^{\circ}19'3.06''$ E. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat geolistrik NANIURA berupa 6 data *sounding* geolistrik. 6 titik *sounding* ini tersebar di Kompleks Laboratorium Teknik ITERA yang akan digunakan dalam analisis sebaran lapisan batuan secara lateral. Penelitian ini menggunakan konfigurasi *schlumberger* dengan jarak MN/2, yaitu 0.5, 2, 10 dan 30 m sedangkan jarak AB/2 memiliki panjang bentangan minimum 2 m dan AB/2 maksimum 150 m.



Gambar 6. Desain survei geolistrik (Google Earth, 2020)



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

A. Interpretasi Kualitatif VES

Berdasarkan peta geologi Lembar Tanjung Karang, 6 titik pengukuran berada di satuan Formasi Lampung. Formasi Lampung (*Qt/l*) ini terdiri dari endapan-endapan sedimen yang dihasilkan oleh kegiatan aktifitas gunung api (batuan piroklastik). Batuan yang berada pada lokasi penelitian ini merupakan batuan tuff (tufa) yang mana terdapat sisipan pasir dan sisipan lempung. Adapun rentang nilai resistivitas batuan yang diperoleh, berdasarkan kondisi geologi pada daerah penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rentang Nilai Resistivitas Batuan ITERA (Rizka dan Setiawan, 2019)

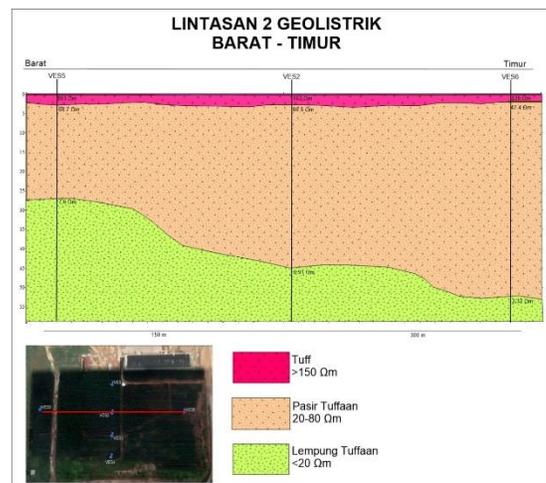
Nilai Resistivitas	Lithologi
<20 Ωm	<i>tuffaceous claystone</i> (lempung tuffaan)
20 – 80 Ωm	<i>tuffaceous sandstones</i> (pasir tuffaan)
80 - 150 Ωm	Tuff

Tabel 2. Interpretasi Litologi Bawah Permukaan

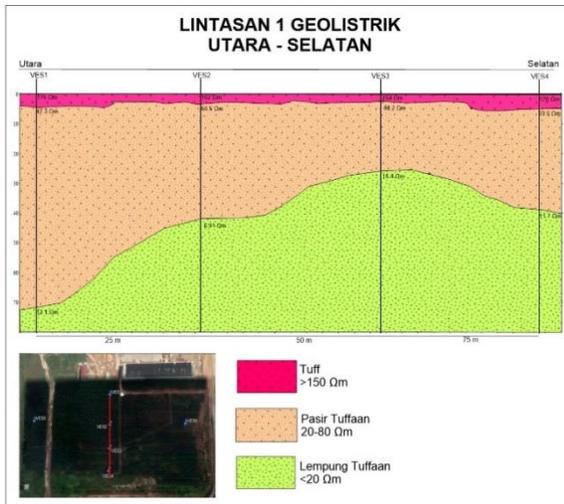
Titik VES	Lapisan	Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Estimasi Litologi	Kurva	Representasi Sounding
VES1	1	176	3.79	3.79	Tuff (kompak)	Q	
	2	47.3	68.9	72.7	Pasir tuffaan		
	3	12.1			Lempung Tuffaan		
VES2	1	162	2.42	2.42	Tuff (kompak)	Q	
	2	60.5	42.3	44.7	Pasir tuffaan		
	3	6.91			Lempung Tuffaan		
VES3	1	164	2.21	2.21	Tuff (kompak)	Q	
	2	88.2	24.6	26.8	Pasir Tuffaan		
	3	16.4			Lempung Tuffaan		
VES4	1	170	4.64	4.64	Tuff (kompak)	Q	
	2	59.5	35.7	40.3	Pasir Tuffaan		
	3	11.7			Lempung Tuffaan		
VES5	1	203	1.89	1.89	Tuff (kompak)	Q	
	2	68.7	25.3	27.2	Pasir Tuffaan		
	3	7.6			Lempung Tuffaan		
VES6	1	126	1.63	1.63	Tuff (kompak)	Q	
	2	47.4	50.8	52.5	Pasir Tuffaan		
	3	2.32			Lempung Tuffaan		

B. Interpretasi Profil 2D Geolistrik

Profil 2D geolistrik ini diolah menggunakan Surfer 11 dengan cara menghubungkan beberapa titik *sounding* sehingga menghasilkan profil 2D kemudian hasilnya diinterpretasi. Interpretasi bertujuan untuk mengetahui sebaran dan kemenerusan lapisan keras bawah permukaan pada daerah penelitian.



Gambar 8. Profil 2D Geolistrik Pada Lintasan 1



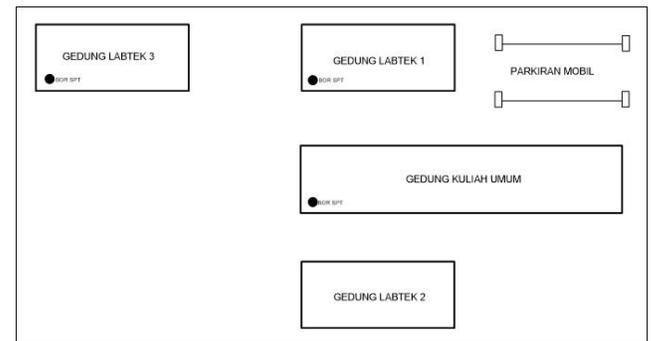
Gambar 9. Profil 2D Geolistrik Pada Lintasan 2

Lintasan 1 melintasi titik VES-1, VES-2, VES-3 dan VES-4 dapat dilihat pada **Gambar.5.8**. Lintasan ini membentang dari arah Utara ke Selatan. Berdasarkan korelasi yang telah dilakukan dapat diidentifikasi terdapat beberapa lapisan. Lapisan pertama yaitu *top soil* yang mempunyai litologi batuan tuff dengan ukuran butir halus dan kompak tersebar dari VES-1, VES-2, VES-3 yang menerus hingga VES-4. Lapisan *top soil* tuff ini mempunyai kedalaman yang bervariasi mulai dari 2 – 5 m. Pada lapisan ini memiliki nilai resistivitas yang cukup besar yaitu berkisar antara 162 – 176 Ωm. Semakin besar nilai resistivitas suatu lapisan maka semakin sulit lapisan tersebut menghantarkan arus listrik. Hal ini menandakan bahwa untuk keperluan konstruksi ringan dengan beban yang tidak terlalu besar dan kedalaman yang tidak terlalu dalam, pondasi sudah dapat dibangun yaitu pada kedalaman 2 – 5 m. Konstruksi ringan tersebut adalah bangunan gedung dari satu hingga dua lantai atau tingkat. Lapisan kedua merupakan lapisan batuan tuff yang memiliki kandungan pasir dengan ukuran butir menengah sampai kasar menerus dari VES-1, VES-2, VES-3 dan VES-4 yang terdapat pada kedalaman 5 – 72 m. Pada lapisan kedua ini memiliki nilai resistivitas yang berkisar dari 47.3 – 88 Ωm. Untuk keperluan konstruksi berat antara 3 – 4 lantai, pondasi sudah dapat dibangun di atasnya. Selanjutnya pada lapisan ketiga di titik VES-1, VES-2, VES-3, dan VES-4 merupakan lapisan lempung tuffaan yaitu batuan tuff berbutir halus yang memiliki kandungan *clay* terdapat pada kedalaman mulai dari 72 m. Lapisan ini memiliki nilai resistivitas berkisar dari 6.91 – 16.4 Ωm disebut sebagai lapisan yang lunak, umumnya lapisan yang lunak terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil. Nilai resistivitas rendah biasanya ditemukan pada batuan yang banyak terdapat fluida didalamnya diduga merupakan perlapisan lempung

tuffaan yang terkonsolidasi dengan air sehingga nilai resistivitas terus menurun, keadaan tersebut bisa terjadi dikarenakan fakta dilapangan terdapat embung yang menampung air cukup besar. Pada lapisan ini demikian bilamana dilakukan pembebanan konstruksi, maka akan terjadi kerusakan pada tanah pondasi, meskipun tetap dilakukan maka dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat.

C. Interpretasi SPT

Hasil pengeboran tanah dan pengolahan data yang dilakukan oleh PT. BATU RADEN KONSULTAN diketahui dan diidentifikasi bahwa hasil menggunakan SPT (*Standard Penetration Test*) pada 3 lubang bor pada 3 lokasi yaitu di Gedung Laboratorium Teknik 1, Gedung Kuliah Umum dan Gedung Laboratorium Teknik 3. Adapun lokasi dari penelitian pengeboran tanah menggunakan SPT (*Standard Penetration Test*) di Gedung Laboratorium Teknik 1, Gedung Kuliah Umum dan Gedung Laboratorium Teknik 3 adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Lokasi Titik Bor SPT

Berikut hasil pengujian SPT Gedung Laboratorium Teknik 1 (PT Batu Raden Konsultan, 2017) serta klasifikasi jenis tanah (FEMA, 2003).

Tabel 2. Hasil SPT Gedung Laboratorium Teknik 1 dan Klasifikasi Jenis Tanah

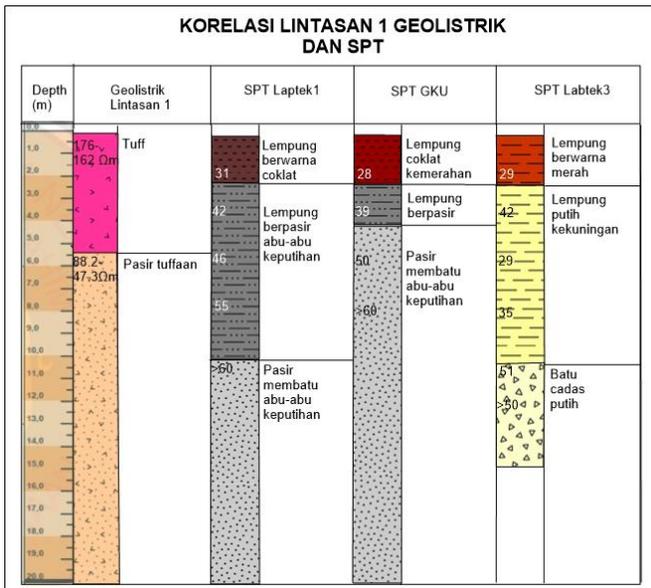
Kedalaman (m)	N-SPT	Vs (m/s)	Jenis Tanah	Deskripsi
2	31	362.5	D	Lempung
4	42	445	C	Lempung berpasir
6	46	475	C	Pasir membatu (keabu-abuan)
8	55	542.5	C	Pasir membatu (putih)
> 10	> 60	580	C	Pasir membatu (putih)

SPT yang didapatkan seperti pada **Tabel 5.2**, menunjukkan adanya perbedaan nilai setiap kedalaman yang diukur, terutama pada kedalaman 2 - 8 m. Pada saat 2 m yaitu 31 (*blow/foot*). N-SPT 31 (*blow/foot*) jika dikonversi kedalam

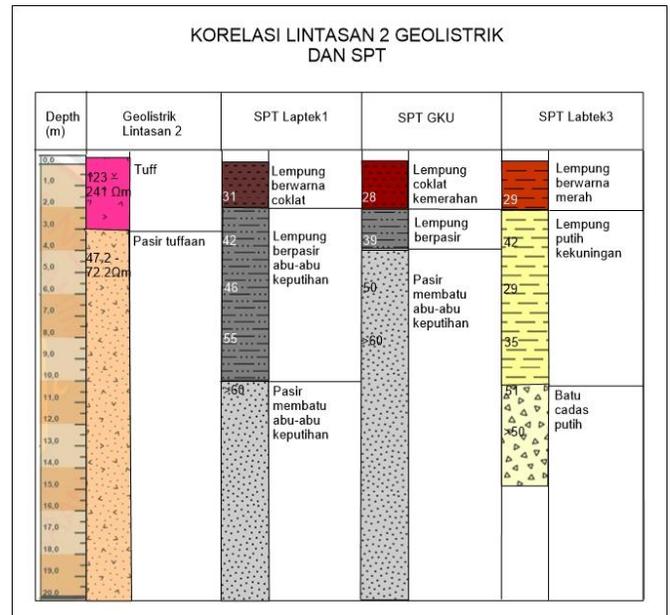
kecepatan gelombang geser (V_s), maka nilainya setara dengan 362 m/s yang diinterpretasikan sebagai jenis tanah sedang (D). Selanjutnya pada kedalaman 4, 6 dan 8 m meningkat yaitu 42, 46 dan 55 (*blow/foot*). 32 (*blow/foot*) setara dengan 445 m/s, 46 (*blow/foot*) setara dengan 475 m/s dan 55 (*blow/foot*) setara dengan 542 m/s dengan interpretasi jenis tanah adalah tanah keras (C). Kemudian mulai stabil dengan nilai SPT > 60 (*blow/foot*) di kedalaman 10 m sampai dengan 20 meter. 60 (*blow/foot*) setara dengan v_s 580 m/s yang termasuk kedalam jenis tanah keras (C).

Ketika nilai tersebut sudah stabil dapat dikategorikan lapisan tersebut sudah ditemukan lapisan keras untuk dijadikan pondasi. Dapat diinterpretasikan bahwa pada lokasi pengambilan data SPT di Gedung Laboratorium Teknik 1 semakin dalam maka nilai tersebut meningkat sampai dengan stabil, hal tersebut wajar karena proses pembentukan batuan dipengaruhi oleh adanya tekanan dari lapisan yang diatas menyebabkan lapisan dibawahnya menjadi lebih kompak sehingga terbentuklah suatu lapisan keras pada lapisan yang mengalami tekanan. Jadi berdasarkan nilai SPT pada **Tabel 2**, pondasi bangunan dapat dibuat dimulai pada kedalaman 10 m.

D. Korelasi Geolistrik dengan SPT



Gambar 11. Hasil Korelasi Lintasan 1 Geolistrik Dengan SPT



Gambar 12. Hasil Korelasi Lintasan 2 Geolistrik Dengan SPT

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan mengkorelasikan hasil metode geolistrik penampang 2-D dengan nilai N-SPT yang diasumsikan per lapisan homogen secara horizontal dapat dilihat pada **Gambar 11**. Secara umum nilai N-SPT akan meningkat seiring meningkatnya kedalaman. Zona resistivitas dengan nilai tinggi juga akan menunjukkan nilai N-SPT tinggi. Pada kedalaman 0 – 5 m yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi disertai dengan kenaikan N-SPT yang juga meningkat. Namun beberapa inkonsistensi korelasi antara kedua parameter tersebut juga dapat diamati pada kedalaman 6 m, dimana nilai N-SPT tinggi tidak disertai dengan kenaikan resistivitas. Lapisan 2 tidak berkorelasi dengan SPT, dimana SPT menunjukkan nilai > 50 *blow/foot*, namun resistivitas rendah hal ini dikarenakan oleh keberadaan air tanah. Dimana geolistrik akan mengalami deviasi karena keberadaan pembawa sifat konduktif pada material. Tetapi pada kedalaman 6 – 10 m tersebut memiliki nilai resistivitas yang dikatakan cukup tinggi dengan nilai N-SPT yang juga semakin tinggi. Lalu masih dengan nilai resistivitas yang sama pada kedalaman > 10 m memiliki nilai N-SPT yang mulai stabil dengan nilai > 60 *blow/foot* diinterpretasikan bahwa lapisan ini adalah lapisan keras yang merupakan pasir tuffaan yang sangat padat. Hasil interpretasi dari geolistrik dan bor SPT tersebut memiliki kesamaan hanya saja perbedaan pemahaman interpretasi. Kemudian korelasi antara SPT dan kecepatan gelombang geser (V_s) memiliki kesamaan atau berkorelasi positif. Hal ini ditunjukkan dari keselarasan dengan hasil SPT yang telah dikonversi kedalam kecepatan gelombang geser. Dimana SPT > 60 *blow/foot* setara dengan 580 m/s yang merupakan jenis tanah keras dan sangat padat.

Lapisan tersebut yang diasumsikan akan dijadikan sebuah pondasi bangunan yang berada pada kedalaman 10 m.

E. Analisis Hasil Korelasi antara Geolistrik dengan SPT Berdasarkan tiga lapisan pada daerah penelitian, lapisan keras diduga terdapat pada litologi pasir tuffaan yang sangat kompak dan padat. Lapisan pasir tuffaan tersebut terdapat pada kedalaman yang berbeda-beda dari hasil interpretasi setiap metode. Berikut dibawah ini kedalaman lapisan keras berdasarkan masing-masing metode.

1. Metode geolistrik, lapisan keras diduga berada pada kedalaman 6 – 27 m dengan nilai resistivitas $> 47.3 \Omega\text{m}$.
2. SPT, lapisan keras yang disertai dengan kekuatan batuan atau N-SPT $> 60 \text{ blow/foot}$ yang setara dengan kecepatan gelombang geser 580 m/s terdapat pada kedalaman 10 – 20 m.

Secara umum berdasarkan interpretasi diatas, lapisan keras berada pada kedalaman 10 m menerus hingga kedalaman 27 m.

Kesimpulan

Adapun hasil pembahasan dari penelitian ini memiliki kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan *Standard Penetration Test* (SPT), Kompleks Laboratorium Teknik Institut Teknologi Sumatera memiliki nilai resistivitas tinggi (80 - $>150 \Omega\text{m}$) dengan litologi batuan tuff kompak, nilai resistivitas menengah (20 – 80 Ωm) dengan litologi batu pasir tuffaan, dan nilai resistivitas rendah ($< 20 \Omega\text{m}$) dengan litologi batu lempung tuffaan. Berdasarkan tiga lapisan tersebut, lapisan keras diduga terdapat pada litologi batu pasir tuffaan yang sangat kompak dan padat sehingga memiliki porositas dan permeabilitas yang buruk. Lapisan tersebut berada pada kedalaman 10 m menerus hingga kedalaman 27 m yang dapat dijadikan pondasi bangunan dalam pembangunan Kompleks Laboratorium Teknik ITERA.
2. Berdasarkan korelasi data *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan *Standard Penetration Test* (SPT), resistivitas dan SPT tidak berkorelasi dikarenakan terdapat deviasi untuk beberapa keadaan. Namun, terdapat kesamaan atau korelasi positif antara SPT dan kecepatan gelombang geser (Vs). Pada lapisan kedua dengan kedalaman $> 10 \text{ m}$ memiliki nilai resistivitas $> 47.3 \Omega\text{m}$ dan N-SPT $> 60 \text{ blow/foot}$ yang setara dengan kecepatan gelombang geser 580 m/s dikategorikan jenis tanah keras. Dapat diketahui bahwa jika nilai

resistivitas batuan yang diperoleh semakin tinggi, maka N-SPT yang diperoleh juga semakin tinggi. Sedangkan pada lapisan kedua ini memiliki nilai resistivitas yang rendah dan SPT yang tinggi hal ini dikarenakan oleh keberadaan air tanah. Dimana geolistrik akan mengalami deviasi karena keberadaan pembawa sifat konduktif pada material. Struktur lapisan bawah permukaan yang teridentifikasi oleh geolistrik dan SPT pada lapisan kedua tersebut merupakan jenis tanah bertekstur klastik memiliki butir pasir dan dapat dikategorikan tanah keras dan sangat padat yang cocok digunakan untuk pondasi tanah dalam pembangunan Laboratorium Teknik di Institut Teknologi Sumatera.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan mengucapkan terimakasih kepada kedua orangtua, serta pihak-pihak yang ikutserta dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

1. Burger, H. R. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall.
2. FEMA 451. 2003. ASCE7-05 – *Seismic Load Analysis*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
3. Hamilton, W.R., 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. USA: US Geological Survey Professional Paper.
4. Kumar, R., Bhargava, K., & Choudhury, D. (2016). Estimation of Engineering Properties of Soils from Field SPT Using Random Number Generation. *INAE Letters*, 1(3–4), 77–84.
5. Mangga, S.A. 1993, Peta Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatra. Pusat Penelitian dan Penambangan Geologi, Indonesia.
6. Rizka, dan Satiawan, S. 2019. Investigasi Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Electrical Logging ; Studi Kasus Kampus ITERA. *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, 17(2), 91–100
7. Reynolds, Jhon M. 2005. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA: JhonWiley & Sons.
8. Santoso, B., Wijatmoko, B., Supriyana, E., & Harja, A. (2016). Penentuan Resistivitas Batubara Menggunakan Metode Electrical Resistivity Tomography dan Vertical Electrical Sounding. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 06(01), 8–14.
9. Sosrodarsono, Suyono. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Terjemah dari "Soil Mechanics and

Foundation Engineering” oleh Kazuto Nakazawa dkk. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

10. Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff and D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
11. Vebrianto, Suhendra. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi, Terinduksi, dan Potensial Diri*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
12. Virman. 2013. *Analisis Data Geolistrik dan Data Uji Tanah untuk Menentukan Struktur Bawah Permukaan Tanah Daerah Skyland Distrik Abepura Papua*. Jurnal Fisika, 3 (1): 43-50.
13. Wiraga, I. W. 2011. *Investigasi dan Uji Daya Dukung Tanah di Areal PLN Pesanggaran dalam Rangka Pemilihan Pondasi yang Tepat Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PLN*. Jurnal Matrix. 1 (3): 19-25.
14. Yulianto, T., dan Widodo, S. 2008. *Identifikasi Penyebaran dan Ketebalan Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus Daerah X Kabupaten Kuati Kertanegara Kalimantan Timur)*. 11(2), 59–66.