

**ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH BERDASARKAN DATA
MEKANIKA TANAH DAN GEOFISIKA UNTUK
PENGEMBANGAN AREA PEMUKIMAN DI DESA WATANG
PULU, KECAMATAN SUPPA, KABUPATEN PINRANG**

***SOIL BEARING CAPACITY ANALYSIS BASED ON SOIL
MECHANICS AND GEOPHYSICAL DATA FOR
DEVELOPMENT OF HOUSING AREA IN THE WATANG
PULU VILLAGE, SUPPA SUB DISTRICT, PINRANG
REGENCY***

SYARIFULLAH BUNDANG



**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA**

2020

**ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH BERDASARKAN DATA
MEKANIKA TANAH DAN GEOFISIKA UNTUK
PENGEMBANGAN AREA PEMUKIMAN DI DESA WATANG
PULU, KECAMATAN SUPPA, KABUPATEN PINRANG**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Magister Teknik Geologi

Disusun dan diajukan oleh

SYARIFULLAH BUNDANG

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA
2020**

TESIS

ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH BERDASARKAN DATA MEKANIKA TANAH DAN GEOFISIKA UNTUK PENGEMBANGAN AREA PEMUKIMAN DI DESA WATANG PULU, KECAMATAN SUPPA, KABUPATEN PINRANG

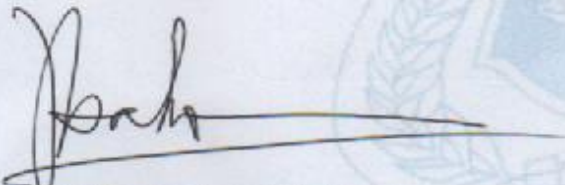
Disusun dan diajukan oleh

SYARIFULLAH BUNDANG

Nomor Pokok D062191001

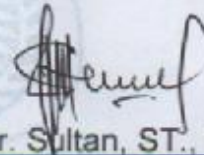
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 26 November 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasihat,



Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T

Ketua



Dr. Sultan, ST., M.T

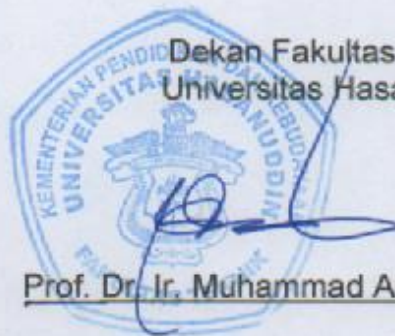
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. H. Ratna Husain L. M.T

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Syarifullah Bundang
Nim : D062 11 1001
Program Studi : Magister Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Proposal Tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, November 2020
Yang menyatakan,



Syarifullah Bundang
D062 19 1001

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga tesis dengan judul “Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Mekanika Tanah dan Geofisika untuk Pembangunan Area Pemukiman di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang” dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T. sebagai Penasehat Utama dan Dr. Sultan, S.T., MT. sebagai Penasehat Anggota, atas segala curahan ilmu, saran pemikiran, motivasi dan nasehatnya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. rer. nat. Ir. A.M Imran, Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M.Eng, sebagai tim penguji, Dr. Ir. Hj. Ratna Husain, M.T sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi sekaligus sebagai penguji dan Dr.Eng. Asri Jaya HS, ST., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya, Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, ucapan terima kasih kepada semua keluarga atas segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan dan penelitian, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan motivasi yang diberikan selama ini.

Akhir kata, semoga penyusunan Tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Aamiin.

Gowa, November 2020
Penulis,

Syarifullah Bundang

ABSTRAK

SYARIFULLAH BUNDANG, *Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Mekanika Tanah dan Geofisika untuk Pengembangan Area Pemukiman di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang* (dibimbing Oleh Busthan Azikin dan Sultan).

Pendekatan geologi dan geofisika untuk membuat model litologi bawah permukaan akan mempermudah menganalisis kemampuan daya dukung tanah di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) menganalisis perbandingan hasil pengukuran data Geolistrik Resistivitas, *Electrical Logging* (Log Resistivitas dan SP) dan data bor untuk interpretasi litologi, (2) Menganalisis nilai daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah, (3) Merekomendasikan perencanaan pondasi berdasarkan hasil analisis daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengukuran geolistrik konfigurasi *schlumberger* dan pengukuran *electrical logging* (log SP dan Resistivitas). Analisis daya dukung tanah menggunakan teori Terzaghi pada pondasi (menerus, persegi dan melingkar), lapisan yang akan dilakukan analisis daya dukung tanah yaitu lapisan soil berdasarkan hasil model litologi bawah permukaan.

Korelasi data bor dengan data geolistrik dan *electrical logging* litologi daerah penelitian diinterpretasikan pada kedalaman 0-2.1 m pasir berlanau, kedalaman 2.1-6.9 m lempung dan kedalaman 6.9-70 m breksi vulkanik. Berdasarkan hasil interpretasi litologi analisis daya dukung tanah dilakukan pada sampel 1 (pasir berlanau) dan sampel 2 (lempung). Hasil analisis daya dukung tanah *ultimate* pada sampel 1 (pondansi menerus, persegi dan melingkar, lebar 50 – 400 m), yaitu 147.48 – 427.11 kg/cm², diklasifikasikan kondisi sangat baik dan sampel 2 dengan nilai daya dukung tanah *ultimate* 72.63 – 109.07 kg/cm² diklasifikasikan kondisi sedang - bagus. Berdasarkan hasil tersebut sampel 1 memiliki nilai daya dukung tanah lebih besar dibanding sampel 2. Pondasi melingkar memiliki nilai daya dukung tanah paling besar sehingga pada lokasi tersebut direkomendasikan pondasi bentuk melingkar.

Kata kunci : geolistrik, *electrical logging*, daya dukung tanah

ABSTRACT

SYARIFULLAH BUNDANG, *Soil Bearing Capacity Analysis Based On Soil Mechanics and Geophysical Data for Development of Housing Area in The Watang Pulu Village, Suppa Sub District, Pinrang Regency* (supervised by Busthan Azikin and Sultan).

Geological and geophysical approaches to making subsurface lithology models will make it easier to analyze the soil bearing capacity in Watang Pulu Village, Suppa District, Pinrang Regency. The objectives of this study are (1) to analyze the comparison of the measurement results of Geoelectric Resistivity, Electrical Logging (Log Resistivity and SP) and drill data for lithology interpretation, (2) to analyze the ultimate bearing capacity and allowable bearing capacity, (3) Recommend planning foundation based on the results of the analysis of the ultimate bearing capacity and allowable bearing capacity.

The method used in this research is the geoelectric measurement of the Schlumberger configuration and the measurement of electrical logging (SP log and resistivity). Analysis of the bearing capacity of the soil uses Terzaghi's theory on the foundation (continuous, square and circular), the layer to be analyzed the bearing capacity of the soil, namely the soil layer based on the results of the subsurface lithology model.

Correlation of drill data with geoelectric data and electrical logging lithology of the study area was interpreted at a depth of 0-2.1 m of silty sand, a depth of 2.1-6.9 m of clay and a depth of 6.9-70 m of volcanic breccia. Based on the results of the lithological interpretation, the analysis of the bearing capacity of the soil was carried out on sample 1 (silty sand) and sample 2 (clay). The results of the ultimate soil bearing capacity analysis in sample 1 (continuous, square and circular foundation, width 50 - 400 m), namely 147.48 - 427.11 kg / cm², are classified as very good and sample 2 with the value of ultimate soil carrying capacity 72.63 - 109.07 kg / cm² is classified as moderate - good condition. Based on these results sample 1 has a greater soil bearing capacity value than sample 2. A circular foundation has the greatest soil bearing capacity value so that a circular foundation is recommended at that location.

Keywords : geoelectric, electrical logging, soil bearing capacity

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Kegunaan Penelitian	5
E. Ruang Lingkup	5
F. Definisi dan Istilah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Geologi Regional	7

A.1 Geomorfologi	7
A.2 Stratigrafi	7
A.3 Struktur Geologi	8
B. Pondasi	10
B.1 Pembebanan Terhadap Bawah Tanah	10
B.2 Klasifikasi Tanah	12
B.3 Sifat – sifat Material Tanah	15
B.4 Kekuatan Material Tanah	15
B.5 Daya Dukung Tanah	18
B.6 Pengaruh Air Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah	24
C. Metode Geolistrik	27
C.1 Konsep Dasar Metode Geolistrik Resistivitas	27
C.2 Konfigurasi Elektroda Metode Resistivitas	28
C.3 Nilai Resistivitas Batuan	30
D. <i>Electrical Logging</i>	31
D.1 Log Spontaneous Potensial (SP)	31
D.2 Log Resistivitas	32
E. Pengeboran dan Pengambilan Contoh Batuan	32
BAB III METODE PENELITIAN	34
A. Rancangan Penelitian	34
B. Lokasi dan Kesampaian Daerah	35
C. Teknik Pengumpulan Data	37
C.1 Pengambilan Data Geolistrik	37

C.2 Pengambilan Data Bor	38
C.3 Pengambilan Data <i>Electrical Logging</i> (Log SP dan Resistivitas)	38
C.4 Data Muka Air Tanah	39
D. Uji Laboratorium	39
D.1 Deskripsi Batuan	40
D.2 Uji Analisis Ayakan dan <i>Hydrometer</i>	40
D.3 Uji Kuat Geser	40
D.4 Uji Berat Jenis	41
E. Pengolahan Data	41
E.1 Pengolahan Data Bor	41
E. 2 Pengolahan dan Interpretasi Data Geolistrik	41
E.3 Pengolahan Data <i>Electrical Logging</i> (Log Spontaneous Potensial (SP) dan Resistivitas)	42
E.4 Pengolahan Data Kuat Geser	42
F. Analisis Data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	44
A. Hasil Penelitian	44
A.1 Litologi Daerah Penelitian	44
A.1.1 Geolistrik	46
A.1.2 Pemboran	49
A.1.3 Pengukuran <i>Electrical Logging</i> (Resistivitas dan SP)	60
A.2 Pengukuran Muka Air Tanah	65
A.3 Sifat Fisik dan Mekanik Tanah	66
A.3.1 Sifat Fisik Tanah	67

A.3.2 Sifat Mekanik Tanah	68
B. Pembahasan	71
B.1 Korelasi Data Bor dengan Data Geolistrik dan <i>Electrical Logging</i>	71
B.2 Analisis Nilai Daya Dukung Tanah	73
B.3 Rekomendasi Perencanaan Pondasi	86
BAB V PENUTUP	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1	Klasifikasi tanah USCS	13
2	Ukuran ayakan standar	14
3	Klasifikasi hubungan nilai berat jenis terhadap jenis tanah	14
4	Klasifikasi hubungan nilai berat volume terhadap jenis tanah	14
5	Klasifikasi daya dukung tanah <i>ultimate</i>	18
6	Keefisien daya dukung Terzaghi	22
7	Klasifikasi daya dukung tanah yang diizinkan	23
8	Nilai resistivitas batuan	30
9	Litologi batuan berdasarkan data pengukuran geolistrik resistivitas	48
10	Hasil pengujian ayakan sampel 1	52
11	Hasil pengujian ayakan sampel 2	54
12	Litologi batuan berdasarkan analisis ayakan dan deskripsi batuan secara megaskopis	58
13	Litologi batuan berdasarkan data pengukuran <i>electrical logging</i>	65
14	Hasil pengujian sifat fisik tanah	68
15	Nilai tegangan normal dan tegangan geser sampel 1	69
16	Nilai tegangan normal dan tegangan geser sampel 2	70
17	Nilai sifat mekanik tanah	71
18	Nilai yang diketahui untuk perhitungan daya dukung tanah lapisan 1	74
19	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi menerus	75
20	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi	

	persegi	76
21	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi melingkar	77
22	Nilai yang diketahui untuk perhitungan daya dukung tanah lapisan 2	78
23	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi menerus	78
24	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi persegi	80
25	Nilai daya dukung <i>ultimate</i> dan daya dukung izin pondasi melingkar	81
26	Nilai daya dukung tanah <i>ultimate</i> dan izin lapisan 1 dan 2	84

DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1	Peta geologi Sulawesi Selatan	9
2	Distribusi tegangan di bawah pondasi	11
3	Hubungan antara beban dengan penurunan pada pondasi	19
4	Mekanisme keruntuhan Terzaghi	20
5	Grafik faktor daya dukung untuk keruntuhan geser Terzaghi	22
6	Pengaruh kondisi muka air tanah terhadap daya dukung tanah	26
7	Susunan umum konfigurasi elektroda dan faktor geometri	29
8	Peta lokasi penelitian	36
9	Alat geolistrik	37
10	Mesin Bor YBM 3	38
11	Alat Naniura <i>Mini Logger</i>	39
12	Bagan alir penelitian	43
13	Singkapan batuan Breksi Vulkanik pada lokasi penelitian	46
14	(a) Pengambilan data, (b) kurva ves dan (c) hasil inversi	47
15	Kegiatan pemboran (a) metode <i>cutting</i> dan (b) metode <i>cooring</i>	49
16	Sampel <i>cooring</i> pemboran (a) kedalaman 0 – 7.2 m (b) kedalaman 7.2 – 24 m dan (c) kedalaman 24 – 70 m	50
17	Pengujian analisis ayakan, (a) sampel 1, (b) sampel 2 dan (c) pengujian <i>hydrometer</i> pada sampel 2	51
18	Grafik distribusi ukuran butir sampel 1	52
19	Sampel pemboran pasir lanauan yang dijumpai pada kedalaman 0 – 2.1 m	53

20	(a) Sampel pemboran lempung pada kedalaman 2.2 m – 7.2 m dan (b) sampel pemboran lempung yang dijumpai adanya fragmen andesit	54
21	Grafik distribusi ukuran butir sampel 2	55
22	Sampel pemboran breksi vulkanik pada kedalaman 7.2 m – 24 m	56
23	Sampel pemboran breksi vulkanik berwarna segar abu-abu kehitaman pada kedalaman 24.1 m – 70 m	57
24	Model litologi pemboran	59
25	Kurva hasil pengukuran <i>electrical logging</i> (resistivitas dan SP)	61
27	Sampel pemboran pada kedalaman 43 m	63
28	Pengukuran tinggi muka air tanah	66
29	(a) sampel 1 dan (b) sampel 2	67
30	(a) sampel tak terganggu yang akan dilakukan uji kuat geser, (b) proses pengeluaran sampel dari dalam pipa untuk dibentuk, (c) proses pengujian kuat geser (d) beban pemberat	68
31	Grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal	69
32	Grafik hubungan antara tegangan geser dan deformasi	70
33	Grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal	70
34	Grafik hubungan antara tegangan geser dan deformasi	71
35	Desain pondasi menerus pada lapisan 1	75
36	Desain pondasi persegi pada lapisan 1	76
37	Desain pondasi melingkar pada lapisan 1	77
38	Desain pondasi menerus pada lapisan 2	79
39	Desain pondasi persegi pada lapisan 2	80
40	Desain pondasi melingkar pada lapisan 2	81
41	Model korelasi litologi bawah permukaan dengan nilai daya dukung izin tanah	85

DAFTAR LAMPIRAN

nomor		halaman
1	Peta geologi lokasi penelitian	89
2	Data pengukuran geolistrik	90
3	Data pengukuran <i>electrical logging</i>	92
4	Pengujian kuat geser	95
5	Pengujian analisis ayakan dan <i>hydrometer</i>	99
6	Pengujian berat jenis	103
7	Foto sampel pemboran	104
8	Amblasan jalan di sekitar lokasi penelitian	108

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Muhrozi (2009), banyaknya kegagalan konstruksi bangunan sipil disebabkan oleh pemanfaatan tanah yang melebihi batas daya dukung tanah secara umum, seperti pemanfaatan lahan gambut, rawa dan tambak untuk pemukiman dapat menyebabkan penurunan tanah yang berlebihan, pembangunan jalan raya dengan timbunan yang melebihi tinggi kritis dapat menyebabkan *sliding* atau kelongsoran, dan pemanfaatan lahan perbukitan atau lereng yang cukup terjal.

Salah satu contoh pemanfaatan tanah yang melebihi batas daya dukung tanah dan mengalami kegagalan konstruksi yaitu di Wisma Atlet Hambalang yang terjadi pada tahun 2012, kegagalan tersebut disebabkan oleh tidak stabilnya tanah *Clay Shale* (Alatas dan Simatupang, 2017).

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada perencanaan suatu konstruksi bangunan sipil. Pada kondisi tersebut, tanah memiliki berfungsi sebagai penahan beban konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan dan beban yang lain (Williy dkk., 2015).

Bagian paling bawah dari suatu konstruksi disebut pondasi, pondasi berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang

berada di bawah pondasi. Perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah, apabila kekuatan tanah terlampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Kondisi tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tersebut. Oleh karena itu, perencanaan suatu pondasi harus dilakukan evaluasi daya dukung tanah yang pondasinya akan dibangun (Das dkk., 1993).

Menurut Husain dan Sultan (2012), metode pemboran, geolistrik resistivitas dan *electrical logging* (log resistivitas dan SP) merupakan beberapa metode yang dapat digunakan untuk melihat secara detail kondisi penyebaran vertikal susunan lapisan tanah atau batuan yang merupakan lapisan yang akan dijadikan dasar suatu pondasi. Perbedaan litologi, dapat dilihat dari sampel pemboran berupa ukuran butir, warna, dan kandungan mineral. sampel tersebut dapat dilakukan uji laboratorium untuk menentukan nilai daya dukung. Metode geolistrik resistivitas dan *electrical logging* dimungkinkan karena lapisan tanah/batuan yang terdapat air sangat mudah mengalirkan arus listrik sehingga bersifat konduktif dan mempunyai nilai potensial. Lapisan konduktif seperti ini biasanya memiliki harga resistivitas dan nilai potensial tertentu. Dari metode geolistrik dapat dimodelkan kondisi lapisan bawah permukaan yang akan dikorelasikan dengan data pemboran.

Pendekatan geologi dan geofisika untuk membuat model litologi bawah permukaan akan mempermudah dalam menganalisis kemampuan lapisan

untuk menopang bangunan (daya dukung tanah), seperti penentuan kedalaman dasar pondasi. Pengkajian yang detail tentang daya dukung tanah untuk konstruksi bangunan akan meminimalisir kerusakan bangunan dan menjadi dasar bagi pemerintah maupun masyarakat di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang untuk perencanaan pembangunan.

Singkapan batuan pada lokasi penelitian memperlihatkan tingkat pelapukan yang sangat tinggi, dimana tingkat pelapukan yang tinggi akan mempengaruhi kekuatan batuan tersebut. Ada beberapa kejadian longsor di daerah penelitian. Awal tahun 2020 terjadi longsor di beberapa titik yang menyebabkan beberapa titik di jalan trans Sulawesi mengalami penurunan tanah, namun belum pernah dilakukan penelitian mengenai penyebab penurunan tanah. Hal tersebut sangat berkaitan dengan kemampuan tanah untuk menopang bangunan pada perencanaan pembangunan. Sehingga sangat penting dilakukan penelitian tentang kemampuan daya dukung tanah sebelum perencanaan pembangunan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi.

Secara administratif Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang berbatasan langsung dengan Kota Pare-Pare. Daerah tersebut sangat strategis untuk dijadikan kawasan industri dan perumahan karena jarak dengan Kota Pare-Pare yang sangat dekat. Saat ini pembangunan pada daerah tersebut sangat pesat. Oleh karena itu, kajian tentang daya dukung tanah sangat diperlukan untuk dijadikan acuan dalam perencanaan

konstruksi dan pengembangan wilayah pemukiman masyarakat demi meminimalisir terjadinya kesalahan dalam perencanaan pembangunan yang akan menyebabkan kerusakan pada bangunan.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada aspek-aspek seperti nilai resistivitas, data *electrical logging*, data bor dan sifat fisik dan mekanik tanah di Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana korelasi hasil pengukuran data resistivitas, *electrical logging* dan data bor untuk interpretasi litologi ?
2. Bagaimana kondisi daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah pada lokasi penelitian ?
3. Bagaimana rekomendasi untuk perencanaan pondasi berdasarkan nilai daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis korelasi hasil pengukuran data bor dengan data Geolistrik Resistivitas dan *Electrical Logging* (Log Resistivitas dan SP) untuk interpretasi dan pemodelan litologi

2. Menganalisis nilai daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah
3. Merekomendasikan perencanaan pondasi berdasarkan hasil analisis daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin tanah

D. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini digunakan sebagai dasar untuk konstruksi bangunan dan pengembangan wilayah pemukiman masyarakat.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Lokasi penelitian berada pada wilayah administrasi Desa Watang Pulu, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang. Pengambilan data resistivitas menggunakan metode geolistrik *vertical electrical sounding* (VES), konfigurasi *Schlumberger* dan data *electrical logging* diperoleh menggunakan metode *logging* resistivitas dan SP. Pengolahan data resistivitas menggunakan *Software IP2WIN*. Data *electrical logging* diolah menggunakan *Software Microsoft Excel*. Data lain yaitu data bor dari pengeboran langsung di lapangan yang akan dimodelkan menggunakan *software Rockwork*, uji kuat geser dan pengukuran berat volume batuan serta pengujian berat jenis. Analisis daya dukung tanah dilakukan pada lapisan/litologi soil dengan menggunakan persamaan Terzaghi (pondasi telapak menerus, persegi dan melingkar). Penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi daya dukung lapisan bawah permukaan.

F. Definisi dan Istilah

1. Pondasi adalah bagian dari konstruksi yang berfungsi untuk memikul seluruh beban di atasnya dan menyalurkannya ke dalam tanah tanpa adanya keruntuhan geser atau penurunan yang berlebihan.
2. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menopang beban yang berada di atasnya.
3. Daya dukung *ultimate* merupakan tekanan maksimal yang dapat ditahan oleh massa tanah tanpa kehilangan ketahanannya
4. Kekuatan geser tanah merupakan tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser dibawah suatu kondisi yang diberikan.
5. Metode geolistrik merupakan metode yang menggunakan arus listrik untuk mendeteksi bawah permukaan dengan mengukur beda potensial yang dihasilkan.
6. Metode pengukuran *electrical logging* adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk melihat kondisi lapisan tanah atau batuan secara vertikal yang dilakukan setelah kegiatan pemboran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi Regional

Peta geologi regional bersistem Indonesia skala 1:250.000 yang diterbitkan oleh pusat penelitian dan pengembangan geologi Bandung, lokasi penelitian merupakan lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk., 1998).

A.1 Geomorfologi

Daerah penelitian merupakan bentuk morfologi perbukitan bergelombang. Perbukitan bergelombang memiliki kemiringan lereng antara landai sampai agak curam yang sangat dipengaruhi oleh tingkat pelapukan batuan penyusunnya. Bentuk morfologi pada daerah ini sangat dipengaruhi oleh litologi penyusun perbukitan yang secara umum disusun oleh batuan breksi vulkanik yang tersingkap secara umum di lokasi penelitian.

A.2 Stratigrafi

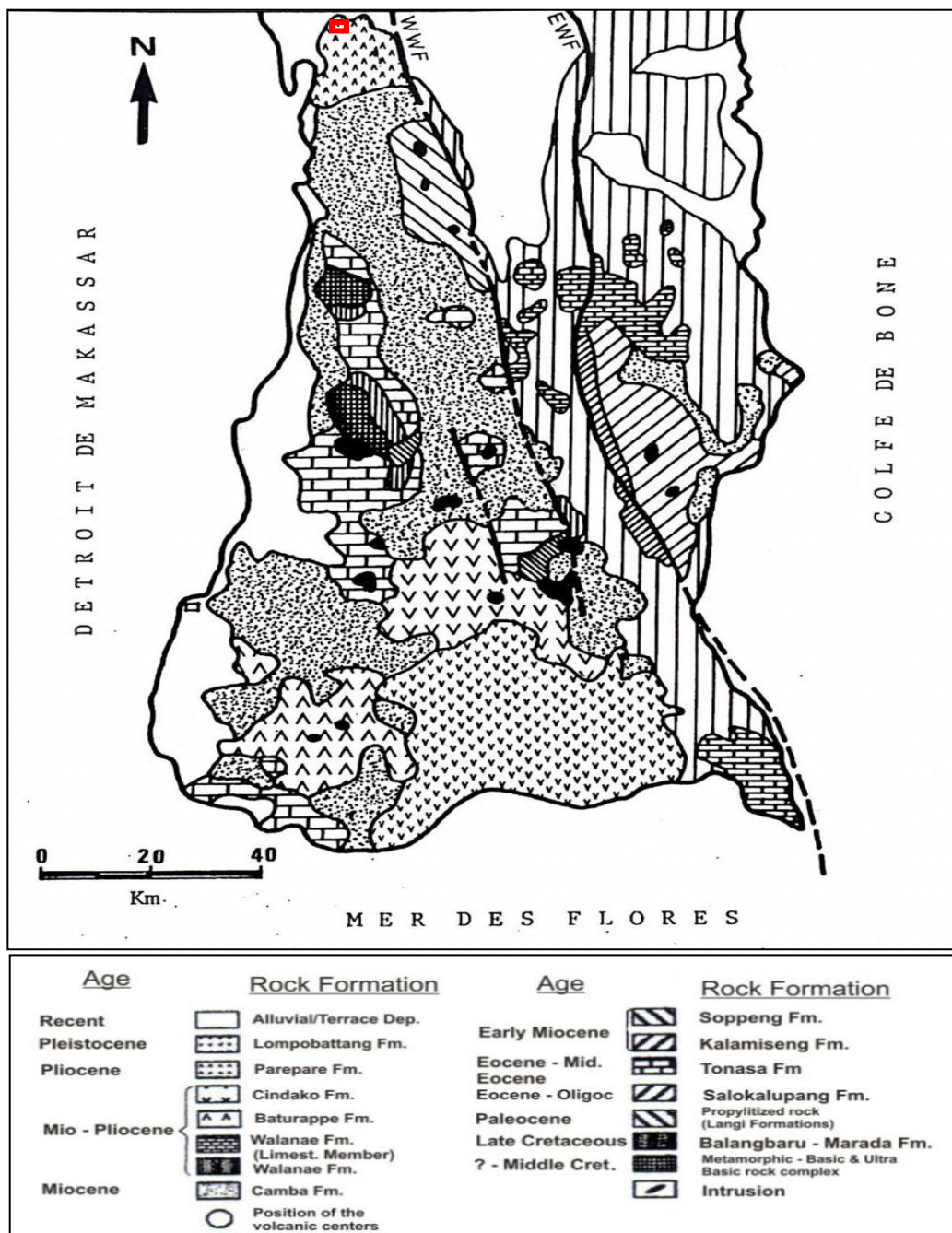
Berdasarkan overlay peta geologi dan lokasi penelitian (gambar 1), lokasi penelitian tersusun dari formasi, Batuan Gunungapi Pare-pare (*Tppv*), batuan vulkanik Pare-pare merupakan produk sisa gunungapi strato-volcano yang terdiri dari Breksi gunungapi berkomponen trakit dan

andesit, batuapung, batupasir tufaan, konglomerat dan breksi tufaan yang diterobos oleh, retas-retas trakit- andesit (Djuri dkk., 1998). Umur satuan adalah Pliosen, berdasarkan hasil *dating* pada trakit dan tufa di Pare-pare yang menghasilkan umur 4,25 dan 4,95 juta tahun (Sukamto, 1982). Batuan vulkanik Pare-pare tersebar menutupi beberapa daerah, seperti kota Pare-pare, Bagian Utara Kabupaten Pinrang, bagian Timur Kabupaten Sidrap dan bagian Selatan Kabupaten Barru (Kaharuddin, 2009).

A.3 Struktur Geologi

Lembar Majene dan bagian barat Palopo terletak di Mendala Geologi Sulawesi Barat (Sukamto, 1975 dalam Djuri, dkk., 1998). Mendala ini dicirikan oleh batuan sedimen laut dalam dengan umur Kapur - Paleogen yang kemudian berkembang menjadi batuan gunungapi bawah laut dan akhirnya gunungapi darat di akhir Tersier. Batuan terobosan granit berumur Miosen-Pliosen juga mencirikan mendale ini. Sejarah tektoniknya dapat diuraikan mulai dari jaman Kapur, yaitu, saat Mendala Geologi Sulawesi Timur bergerak ke barat mengikuti gerakan tunjaman landai ke barat di bagian timur Mendala Geologi Sulawesi Barat. Penunjaman ini berlangsung hingga Miosen Tengah, saat kedua mendala tersebut bersatu. Pada akhir Miosen - Tengah sampai Pliosen terjadi pengendapan sedimen molasa secara tak selaras di atas seluruh medala geologi di Sulawesi, serta terjadi terobosan bauan granit di Mendala Geologi Sulawesi Barat, pada Plio – Pliosen seluruh daerah Sulawesi tercenangga. Pada daerah pemetaan,

perencanaan ini diduga telah mengakibatkan terbentuknya lipatan dengan sumbu berarah barat laut - tenggara, serta sesar naik dengan bidang sesar miring ke timur. Setelah itu seluruh daerah Sulawesi terangkat dan membentuk bentang alam seperti sekarang ini (Djuri dkk., 1998).



Gambar 1. Peta geologi Sulawesi Selatan (dimodifikasi setelah Yuwono, 1987)

B. Pondasi

Pondasi adalah bagian dari konstruksi yang berfungsi untuk memikul seluruh beban di atasnya dan menyalurkannya ke dalam tanah tanpa adanya keruntuhan geser atau penurunan yang berlebihan. Pondasi dapat dikelompokkan dalam dua bagian, yakni (Sinaga, 2009) :

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan apabila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban-beban di atasnya, terletak pada kedalaman yang dangkal umumnya kedalaman lebih kecil dari Panjang/lebar pondasi.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam digunakan untuk meneruskan atau menyalurkan beban-beban kelapisan tanah yang mampu memikulnya dan letaknya cukup dalam. Ada dua jenis pondasi dalam, yaitu pondasi tiang dan pondasi sumuran.

B.1 Pembebanan Terhadap Bawah Tanah

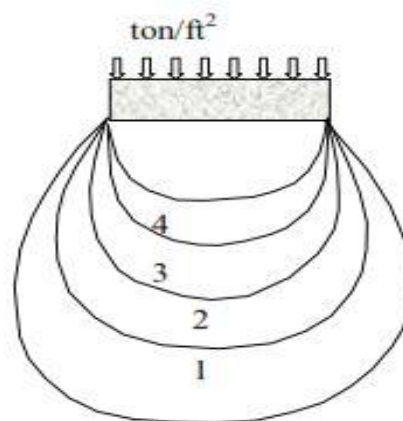
Ada dua tipe pembebanan terhadap kondisi bawah tanah (Verhoef, 1994):

1. Beban Statis

Pekerjaan sipil dapat dibagi dalam proyek konstruksi ringan (gedung bertingkat 3, toko kecil dan bangunan kantor) dan berat (bangunan kompleks industri, bendungan, pelabuhan). Massa tanah

yang akan dibebani pondasi ataupun bangunan hendaknya memiliki sifat-sifat yang sedemikian rupa sehingga proyek bersangkutan dapat dibangun dengan aman dan ekonomis dan struktur yang dihasilkan dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan tanpa adanya dampak dari pembangunan tersebut.

Sebuah bangunan akan memberikan beban tertentu terhadap bawah tanah dan volume tanah tertentu yang akan mengalami tegangan tergantung dari beban pikul dan luas pondasinya. Pada tekanan sama, berlaku keadaan dimana semakin besar bidang pondasi, semakin dalam pula zona tanah yang menerima tegangan semakin berkurang sejalan dengan besarnya jarak sampai pondasi (Gambar 2). Tegangan yang terjadi di dalam bawah tanah akan menimbulkan suatu deformasi (perubahan bentuk) dan akan mengakibatkan penurunan tertentu terhadap bangunan yang bersangkutan. Besarnya penurunan maksimal yang dialami sebesar beban pikul.



Gambar 2. Distribusi tegangan di bawah pondasi (Verhoef, 1994)

Daya dukung maksimum merupakan tekanan yang diberikan oleh pondasi bangunan tersebut terhadap massa tanah, yang mengakibatkan penurunan dalam batas-batas yang masih dapat diterima.

2. Beban Dinamis

Beban dinamis merupakan getaran yang ditimbulkan oleh beberapa sumber, seperti mesin-mesin, kendaraan, gempa bumi. Kerusakan yang paling banyak terjadi disebabkan gempa bumi, terutama disebabkan oleh aktivitas pergerakan tektonik.

Apabila lapisan bawah tanahnya seragam, akan terjadi penurunan yang seragam atau normal, sedangkan pada lapisan tanah yang bervariasi, terdapat kemungkinan terjadinya suatu penurunan differensial, dimana penurunan akan terjadi bervariasi di sepanjang bangunan tersebut.

B.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan jenis tanah sesuai dengan kondisi umum dari tanah pada kondisi tertentu. Tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasar pada satu kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan kondisi-kondisi fisis tertentu lainnya. Beberapa klasifikasi telah dikembangkan disesuaikan dengan maksud yang diinginkan oleh sistem itu (Dunn, dkk., 1992). Sistem klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir merupakan suatu metode yang

paling sering digunakan untuk mengklasifikasikan jenis tanah. Gambar 3 memperlihatkan klasifikasi tanah USCS.

Tabel 1. Klasifikasi tanah USCS (Bowles, 1984)

Divisi utama	Simbol Kelompok	Nama umum		
Tanah berbutir kasar lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Kerikil bersih (Hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Kerikil dengan butiran halus	GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali mengandung butiran halus.
			GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau.
		Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	GC
	SW			Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
	Pasir dengan butiran halus	Pasir dengan butiran halus	SP	Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
			SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau.
		Pasir dengan butiran halus	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung.
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas Cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung.
CL			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)	
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.	
Lanau dan Lempung Batas Cair Lebih dari 50%		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae . lanau yang elastis.	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi.		

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan ukuran butir suatu tanah. Metode yang paling sering digunakan untuk menentukan ukuran butir suatu tanah yaitu metode analisis saringan, pada metode analisis saringan digunakan beberapa nomor saringan dengan ukuran tertentu (tabel 2). Beberapa metode lain digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti klasifikasi hubungan nilai berat jenis (tabel 3) dan berat volume tanah (tabel 4) terhadap jenis tanah.

Tabel 2. Ukuran ayakan standar (Liu dan Evett, 2008)

Nomor Saringan	Diameter Lubang (mm)
4	4.75
10	2
20	0.850
40	0.425
60	0.250
100	0.150
200	0.075

Tabel 3. Klasifikasi hubungan nilai berat jenis terhadap jenis tanah (Dunn dkk., 1992)

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2.65 - 2.68
Pasir	2.65 - 2.68
Lanau Organik	2.62 - 2.68
Lempung Organik	2.58 - 2.65
Lempung Anorganik	2.68 - 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 - 1.80

Tabel 4. Klasifikasi hubungan nilai berat volume terhadap jenis tanah (Das dan Khalid, 2018)

Type of Soil	Dry Unit Weight (kN/m^3)
<i>Loose uniform sand</i>	14.5
<i>Dense uniform sand</i>	18
<i>Loose angular-grained silty sand</i>	16
<i>Dense angular-grained silty sand</i>	19
<i>Stiff clay</i>	17
<i>Soft clay</i>	11.5-14.5
<i>Loess</i>	13.5
<i>Soft organic clay</i>	6-8
<i>Glacial till</i>	21

B.3 Sifat – Sifat Material Tanah

Perancangan suatu pondasi diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik material penyusun tanah yang akan dilakukan pemasangan pondasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti pengujian laboratorium terhadap contoh (*sample*) tanah dari lapangan. Menurut Arif (2016) pengujian di laboratorium ini dilakukan untuk mendapatkan nilai – nilai sebagai berikut :

1. Sifat fisik tanah : bobot isi, *specific gravity*, porositas, absorpsi, dan *void ratio*
2. Sifat mekanik tanah : kuat tekan, kuat Tarik, kuat geser, modulus elastisitas, dan nisbah poisson

B.4 Kekuatan Material Tanah

Penentuan kekuatan suatu lapisan tanah dapat menopang bangunan, bisa dilakukan beberapa metode, antara lain (Verhoef, 1994):

1. Uji Kuat Tekan

keperluan geologi teknik, uji kuat tekan (*U.C.S = Unconfined Compressive Strength*) merupakan pengujian yang paling penting untuk mengetahui sifat-sifat material batuan. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan sebuah contoh batuan yang berbentuk silinder (Panjang : lebar = 2:1) dalam sebuah bangku tekan dan kemudian perlahan diberi tekanan hingga contoh tersebut hancur. Uji kuat tekan memerlukan sebuah silinder batuan yang dipersiapkan dengan cermat

dimana bidang atas maupun bawahnya rata dan sejajar satu sama lain.

Berikut ini persamaan untuk menghitung kuat tekan suatu material :

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana :

f_c' : Kuat tekan (MPa)

P : Berat beban maksimum yang menyebabkan benda uji hancur (N)

A : Luas penampang benda uji (m²)

Menurut Arif (2016), perbandingan ukuran tinggi dan diameter contoh batuan (L/D) akan mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Jika digunakan perbandingan (L/D) = 1, kondisi tegangan triaxial saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan batuan. Sesuai dengan ISRM (1981), pengujian kuat tekan digunakan rasio (L/D) antara 2 – 2,5 dan sebaiknya diameter (D) contoh batu uji paling tidak berukuran tidak kurang dari ukuran NX, atau kurang lebih 54 mm. Semakin besar perbandingan antara tinggi dan diameter contoh batuan yang digunakan, kuat tekan yang dihasilkan akan semakin kecil.

2. Kuat Geser

Kuat geser adalah perlawanan internal tanah terhadap tegangan yang bekerja sepanjang bidang geser dalam tanah tersebut, yang dipengaruhi oleh karakteristik intrinsik dan faktor eksternal. Kuat geser tanah pada tegangan normal tertentu dapat diketahui dengan melakukan uji kuat geser (Arif, 2016).

Pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah diperlukan untuk berbagai macam soal praktis, terutama untuk menghitung daya dukung tanah, tegangan tanah, tegangan tanah terhadap dinding penahan dan kestabilan lereng. Penyebab keruntuhan geser dalam tanah yaitu gerakan relatif antara butirnya, bukanlah karena butirnya sendiri hancur. Oleh karena itu kekuatan tanah tergantung kepada gaya-gaya yang bekerja antar butirnya. Menurut Arif (2016) kekuatan geser tanah dapat dianggap terdiri dari bagian yang bersifat kohesi dan bagian yang mempunyai sifat gesekan, maka kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\mathbf{S = c' + (\sigma - U) \tan \phi} \quad (2)$$

dimana :

- S : Kuat geser
- U : Tegangan air pori
- c' : Kohesi
- σ : Tegangan total
- ϕ : Sudut geser dalam

Kekuatan geser tanah merupakan tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser dibawah suatu kondisi yang diberikan. Kondisi-kondisi yang ditekankan diatas terutama bersangkutan dengan sifat-sifat drainase tanah.

B.5 Daya Dukung Tanah

1. Daya Dukung *Ultimate*

Daya dukung *ultimate* merupakan tekanan maksimal yang dapat ditahan oleh massa tanah tanpa kehilangan ketahanannya. Daya dukung aman adalah gaya pikul maksimal bagi suatu faktor aman. Apabila sebuah beban melebihi kemampuan tanah, maka tanah bisa kehilangan ketahanannya. Karena itu untuk suatu material geologis tercapainya kekuatan dan perilaku deformasi dapat diketahui, sehingga dapat diperkirakan gaya pikul yang aman berupa angka-angka (tabel 5).

Tabel 5. Klasifikasi daya dukung tanah *ultimate* (Gul dan Ceylanoglu, 2013)

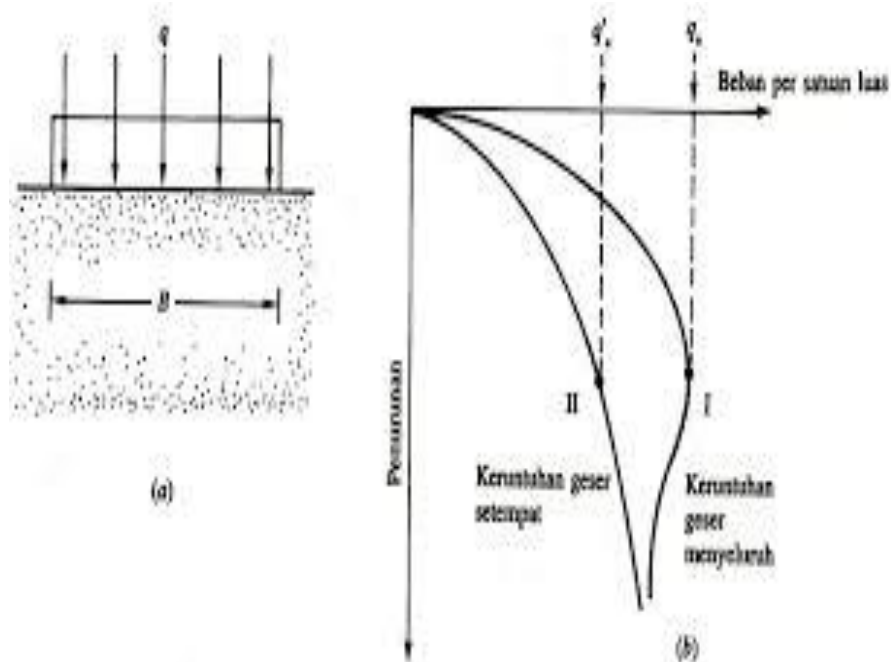
Class	Description	Range of Bearing Capacity (Kg/cm ²)
I	Very good	>120
II	Good	81 – 120
III	Fair	41 – 80
IV	Poor	0 - 40

Menurut Wesley (2017), perencanaan suatu pondasi gedung atau bangunan lain, ada dua hal utama yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Daya dukung tanah : apakah tanah cukup kuat untuk menahan beban fondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat penggeseran.
2. Penurunan yang akan terjadi : hal ini bergantung pada jenis tanah.

Bilamana beban diatas sebuah pondasi ditambah sedikit demi sedikit maka pondasi tersebut akan turun. Besarnya penurunan pada setiap

penambahan beban dapat diukur sehingga dapat dibuat grafik penurunan terhadap beban, seperti contoh pada gambar 3.

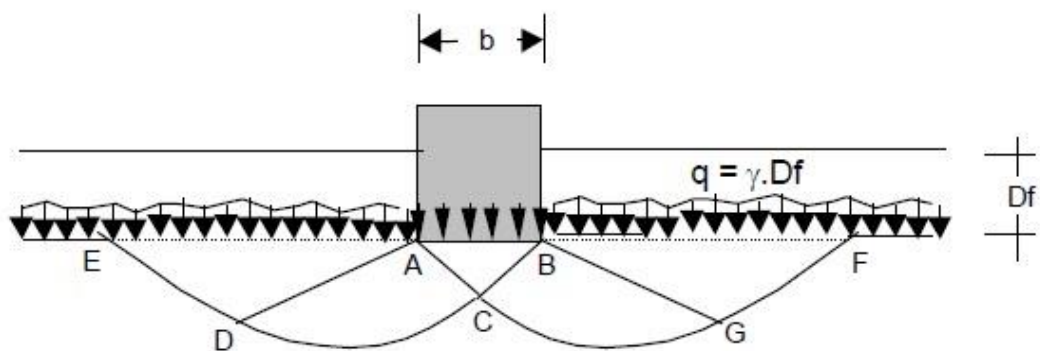


Gambar 3. Hubungan antara beban dengan penurunan pada pondasi (Wesley, 2017)

Besarnya kapasitas daya dukung direpresentasikan atas tiga bagian yang masing-masing bagian berhubungan dengan bagian dari mekanisme keruntuhan, yaitu kohesi tanah, berat tanah diatas dasar pondasi dan berat tanah dibawah dasar pondasi (Ahmad dan Ikhyia, 2016).

Daya dukung tanah umumnya dapat diketahui dengan cara mengambil contoh tanah asli untuk dilakukan pengujian kuat geser. Kemudian nilai dari hasil pengujian kuat geser digunakan untuk menghitung daya dukung tanah dengan menggunakan salah satu dari beberapa teori daya dukung yang sudah cukup terkenal. Teori yang paling sering dipakai adalah teori Terzaghi (Wesley, 2017).

Menurut Wesley (2017), berdasarkan pada anggapan bahwa tanah bersifat seperti bahan plastis sehingga perilakunya sesuai dengan teori plastisitas. Mekanisme keruntuhan yang digunakan dalam teori Terzaghi diperlihatkan pada gambar 4. Dianggap bahwa dasar pondasi tidak licin, sehingga tidak terjadi pergeseran antara pondasi dengan tanah. Dengan demikian, baji A-B-C akan bergerak ke bawah bersama-sama dengan pondasi. Bagian B-C-G dianggap merupakan daerah *radial shear*, dan bagian B-G-F merupakan daerah tekanan tanah pasif. Kekuatan tanah di atas garis B-F tidak diperhitungkan, hanya beratnya saja yang diperhatikan.



Gambar 4. Mekanisme keruntuhan Terzaghi (Wesley, 2017).

Keterangan :

- ABC : Zona elastis
- ACD dan BCG : Zona geser radial
- DE dan GF : Zona pasif

Teori *Terzaghi* menghasilkan sebuah rumus daya dukung sebagai berikut (Wesley, 2017) :

➤ Pondasi Menerus

$$q = c N_c + Y D N_q + 0.5 Y B N_Y \quad (3)$$

➤ Pondasi Persegi

$$q = 1.2 c N_c + Y D N_q + 0.4 Y B N_Y \quad (4)$$

➤ Pondasi Melingkar

$$q = 1.2 c N_c + Y D N_q + 0.6 Y B N_Y \quad (5)$$

dimana q : daya dukung maksimum

B : lebar pondasi

D : dalam pondasi

C : kohesi tanah

Φ : sudut geser dalam

Y : berat satuan tanah

N_c , N_q , dan N_Y merupakan faktor daya dukung yang bergantung pada nilai sudut gesekan Φ (tabel 6).

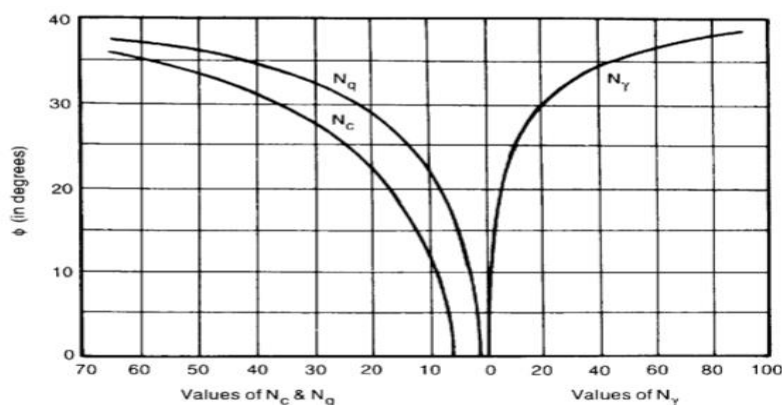
Berdasarkan persamaan di atas, daya dukung tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu (Wesley, 2017) :

1. cN_c yaitu bagian yang berasal dari kekuatan kohesi tanah.
2. YDN_q yaitu bagian yang berasal dari berat tanah di atas dasar pondasi.

3. $\frac{1}{2} Y B N_{\gamma}$ yaitu bagian yang berasal dari berat tanah di bawah dasar pondasi.

Tabel 6. Koefisien daya dukung Terzaghi (Terzaghi dan Peck, 1967 dalam Sosrodarsono dan Nakazawah, 2000)

Φ (°)	N_c	N_q	N_{γ}
0	5.14	1	0
2	5.63	1.2	0.01
4	6.19	1.43	0.04
6	6.81	1.72	0.11
8	7.53	2.06	0.21
10	8.34	2.47	0.37
14	10.37	3.59	0.92
20	14.83	6.40	2.87
24	19.32	9.6	5.72
30	30.14	18.40	15.67
34	42.16	29.44	31.15
40	75.32	64.20	93.69
42	93.71	85.38	139.32
44	118.37	115.31	211.41
46	152.10	158.51	329.74
48	199.27	222.31	526.47
50	266.89	319.07	873.89



Gambar 5. Grafik faktor daya dukung untuk keruntuhan geser Terzaghi (Wesley, 2017)

2. Daya Dukung Izin Tanah

Daya dukung tanah yang digunakan pada suatu perencanaan pondasi harus memperhitungkan keamanan, daya dukung tanah yang diizinkan dapat dilihat pada tabel 7. Daya dukung maksimum perlu dibagi dengan faktor keamanan. Secara umum, untuk menghitung daya dukung izin digunakan persamaan sebagai berikut (Wesley, 2017) :

$$\text{Daya dukung izin} = \frac{\text{Daya dukung } ultimate}{\text{Faktor keamanan}} \quad (6)$$

Tabel 7. Klasifikasi daya dukung tanah yang diizinkan (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983)

Jenis Tanah Pondasi	Daya Dukung yang Diizinkan (Kg/cm ²)
Keras	>5
Sedang	2 – 5
Lunak	0.5 – 2
Amat Lunak	0 – 0.5

Nilai faktor keamanan pada daya dukung pondasi yang umumnya digunakan antara 2,5 hingga 3. Nilai tersebut digunakan untuk memperkecil penurunan. Nilai sebesar ini berarti penurunan yang akan terjadi adalah akibat konsolidasi tanah, bukan akibat deformasi yang diperlukan untuk menggerakkan kekuatan geser tanah (Wesley, 2017).

Penempatan suatu pondasi berdasarkan kondisi geologis (Sukartono, 2010) :

1. Bangunan dapat langsung didirikan di atas batuan, tapi perlu diperhatikan jenis batuan yang peka terhadap proses pelapukan dan umumnya sejumlah konstruksi yang dibangun di atas batuan ambruk disebabkan oleh patahan, kekar, oleh karena itu harus orientasi gaya geser dan kemungkinan terjadinya tekanan air di sepanjang suatu diskontinuitas.
2. Beban bangunan pada batuan yang terletak di kedalaman tertentu (maksimal 75m), biasanya dipasang pondasi tiang pancang.
3. Pondasi harus dipasang di atas tanah, karena batuan terletak terlalu dalam. Kondisi bawah tanah diketahui dengan penelitian lapangan cara mekanika tanah dengan beberapa metode seperti sondir, SPT, pemboran dan lainnya. Umumnya pondasi yang digunakan pada lapisan-lapisan yang tidak terkonsolidasi oleh konstruksi sebuah balok atau pondasi pelat dan pondasi diatas tiang-tiang dimana struktur dipikul oleh lapisan kokoh pada kaki tiang atau rekatan antara tiang dan tanah sekelilingnya.

B.6 Pengaruh Air Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah

Tanah berbutir halus seperti lanau, lanau lempungan ataupun lempung lanauan memiliki tingkat plastisitas tinggi, mempunyai konsistensi berubah-ubah menurut kadar air yang dikandungnya (Bowles, 1984 dalam Zakaria, 2006). Kohesi (c) akan menurun mengikuti kenaikan kadar air tanah. Sudut geser dalam (Φ) juga akan menurun jika kadar air tanah meningkat, dengan demikian kekuatan tanah juga akan menurun. Daya dukung tanah untuk

fondasi dangkal bergantung dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (Φ). Nilai kohesi dan sudut geser dalam tinggi pada massa tanah yang berkondisi kering atau kondisi kadar air tanah tak berpengaruh pada fondasi. Pada musim hujan, peningkatan kadar air di dalam tanah akan meningkatkan tekanan air pori (μ) yang akan mempengaruhi nilai kohesi. Disamping itu jarak antar butir relatif menjadi lebih berjauhan sehingga baik kohesi maupun sudut geser dalam menurun (Bowles, 1984 dalam Zakaria, 2006)

Menurut Brunsden (1984, dalam Zakaria 2006), kadar air berhubungan dengan kohesi dan sudut gesek dalam. Semakin dalam suatu pondasi akan meningkatkan nilai daya dukung tanah, tetapi pada kondisi terdapat air tanah, daya dukung akan menurun, karena kohesi dan sudut gesek dalam cenderung menurun, juga peran bobot satuan isi tanah pada kondisi jenuh air akan lebih kecil dari pada pada kondisi kering.

Berikut ini beberapa kondisi muka air tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah (Brunsden 1984, dalam Zakaria, 2006) :

1. Jika muka air tanah sangat dalam, jika dibandingkan lebar pondasi ($z > B$), maka :

$$q = C N_c + Y D N_q + 0.5 Y B N_\gamma \quad (7)$$

2. Jika muka air tanah terletak di atas :

$$q = C N_c + [Y' (D - d_w) + Y d_w] N_q + 0.5 Y' B N_\gamma \quad (8)$$

3. Jika muka air tanah berada di dasar pondasi ($d_w = 0$)

$$q = C N_c + Y' D N_q + 0.5 Y' B N_\gamma \quad (9)$$

4. Jika muka air tanah terletak pada kedalaman z dari bawah dasar pondasi ($z > B$):

$$q = C N_c + Y D N_q + 0.5 Y_r B N_\gamma \quad (10)$$

Dimana :

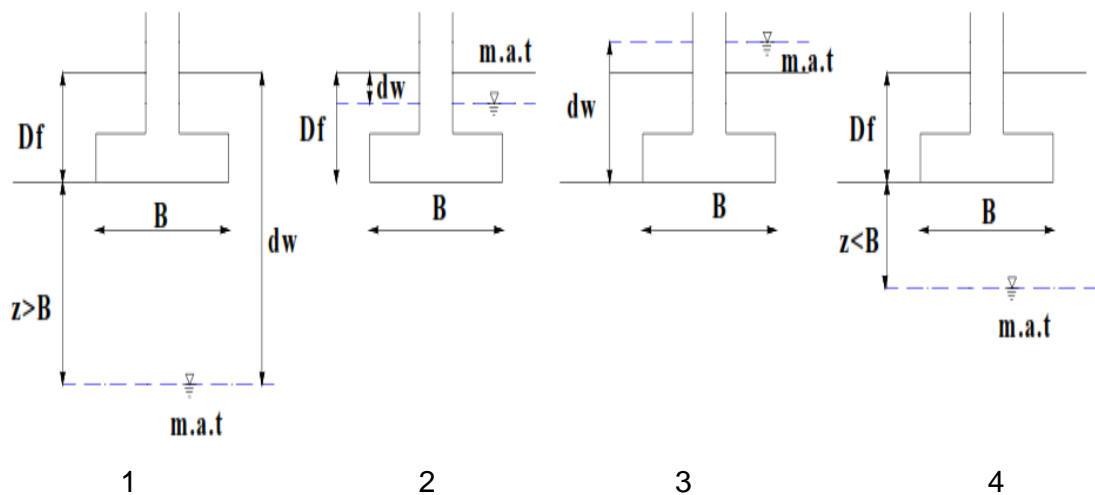
Y' : Berat volume tanah efektif

: $Y - Y_{air}$

d_w : Kedalaman muka air tanah dari permukaan

Y_r : Berat volume tanah rata-rata

: $Y' + (z/b) (Y - Y'_{i'})$



Gambar 6. Pengaruh kondisi muka air tanah terhadap daya dukung tanah

C. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan metode yang menggunakan arus listrik untuk mendeteksi bawah permukaan dengan mengukur beda potensial yang dihasilkan. Beberapa metode geofisika dalam bidang eksplorasi, antara lain geolistrik, geomagnet, gravity dll. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengukur potensial-potensial, arus dan medan-medan elektromagnetik yang terjadi secara alami atau buatan di dalam bumi. Pengukuran dapat dilakukan dalam berbagai variasi atau konfigurasi sesuai dengan kebutuhan (Telford dkk., 1990).

Prinsip kerja metode geolistrik didasarkan pada sifat-sifat listrik dari batuan penyusun. Alat untuk pendugaan geolistrik lebih dikenal dengan nama *resistivitymeter*. Metode geolistrik pada lokasi tertentu akan menghasilkan penampang tahanan jenis. Penampang resistivitas (tahanan jenis) tersebut dapat dilakakukan interpretasi mengenai lapisan batuan daerah tersebut (Asmaranto, 2012).

C.1 Konsep Dasar Metode Geolistrik Resistivitas

Metode resistivitas (tahanan jenis) menggunakan sumber arus aktif yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui elektroda. Pengukuran ini dilakukan untuk mengukur beda potensial di elektroda lainnya di sekitar aliran arus. Hal tersebut memungkinkan untuk menentukan pengaruh tahanan jenis semu bawah permukaan (Telford dkk., 1990).

Metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis) secara teori lebih baik digunakan dibandingkan dengan semua metode geolistrik yang lain, hal tersebut dikarenakan metode geolistrik resistivitas menggunakan metode aktif dengan mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan. Namun, nilai maksimum beda potensial secara ideal jarang ditemukan karena keadaan bawah permukaan yang begitu kompleks. Kekurangan metode geolistrik adalah memiliki sensitifitas yang tinggi dalam mengukur konduktivitas dekat permukaan atau biasa disebut memiliki *noise* sangat tinggi (Telford dkk., 1990).

Metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis) terbagi menjadi dua macam metode pengukuran, yaitu (Vebrianto, 2015) :

1. Metode Resistivitas (Tahanan Jenis) *Mapping*

Metode resistivitas (tahanan jenis) *mapping* adalah metode geolistrik yang mempelajari resistivitas di bawah permukaan bumi secara vertikal dan horizontal.

2. Metode Resistivitas (Tahanan Jenis) *Sounding*

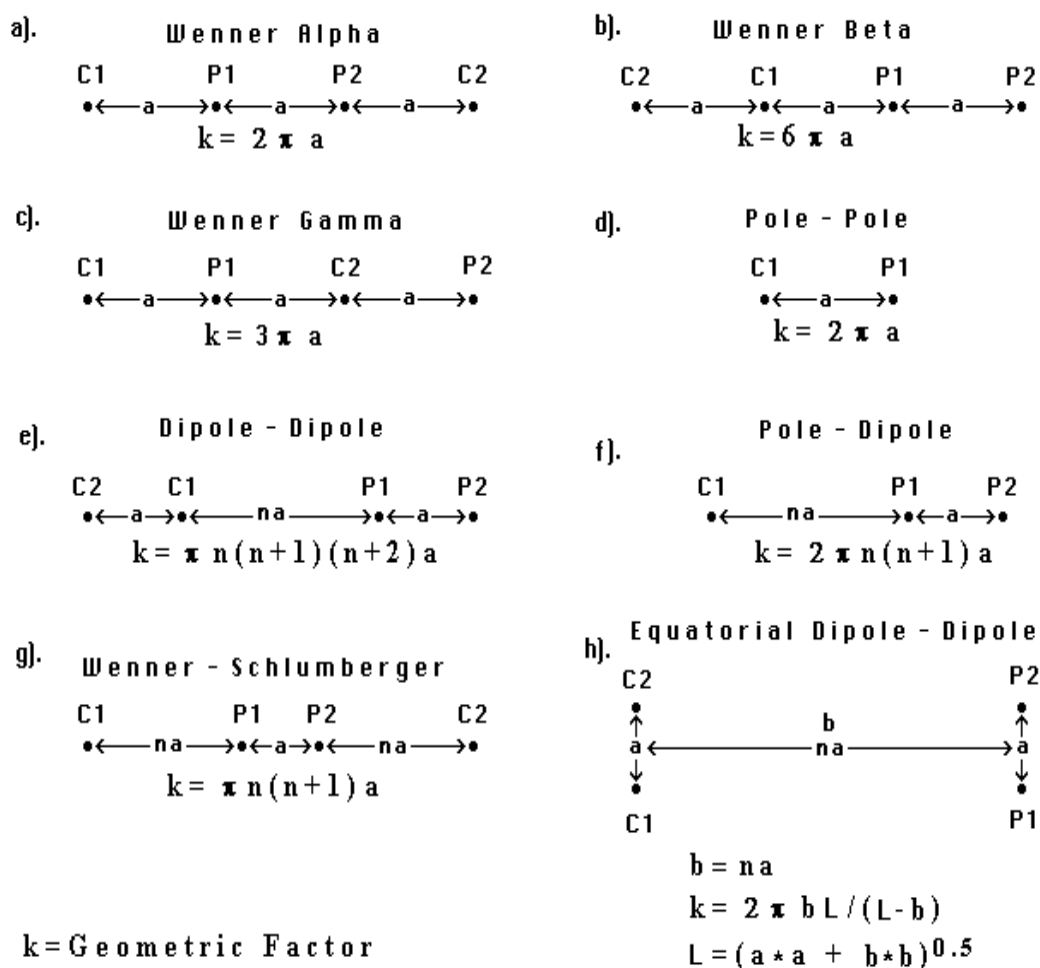
Metode resistivitas (tahanan jenis) *sounding* adalah metode geolistrik yang mempelajari resistivitas di bawah permukaan secara vertikal.

C.2 Konfigurasi Elektroda Metode Resistivitas

Menurut Lantu (2010), metoda geolistrik resistivitas (tahanan jenis), arus listrik dialirkan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian besarnya potensial yang timbul akan terukur di permukaan bumi melalui dua

buah elektroda potensial. Nilai beda potensial antara kedua elektroda potensial tersebut selain bergantung pada besarnya arus yang dialirkan ke dalam bumi, juga bergantung pada letak kedua elektroda potensial tersebut terhadap letak kedua elektroda arus yang digunakan. Dalam hal ini tercakup juga pengaruh keadaan batuan yang dilewati arus listrik tersebut.

Secara umum beberapa jenis konfigurasi elektroda metode resistivitas (tahanan jenis) yang sering digunakan dalam survei resistivitas (tahanan jenis) dan faktor geometrinya dapat dilihat pada gambar 7 (Loke, 2001).



Gambar 7. Susunan umum konfigurasi elektroda dan faktor geometri (Loke, 2001).

Setiap jenis konfigurasi elektroda memiliki kelebihan dan kekurangan. Suatu permasalahan mungkin lebih baik dilakukan dengan suatu macam konfigurasi elektroda, tetapi belum tentu permasalahan tersebut dapat dipecahkan jika digunakan macam konfigurasi yang lainnya. Oleh karena itu, sebelum melakukan pengukuran, harus diketahui dengan jelas tujuannya sehingga kita dapat memilih jenis konfigurasi yang mana yang akan dipakai (Telford dkk., 1990).

C.3 Nilai Resistivitas Batuan

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai resistivitas batuan, seperti derajat kekompakan dan besarnya persentase kandungan fluida yang mengisi batuan. Nilai dari beberapa jenis batuan biasanya tumpang tindih. Hal tersebut disebabkan karena resistivitas dari batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : kandungan lempung, ketersediaan air tanah, jenis dan karakteristik fisik batuan, mineralogi batuan, dan sebagainya.

Tabel 8. Nilai resistivitas batuan (Roy, E., 1948 dalam Sedana dkk., 2015)

No.	Jenis Batuan	Resistivitas ($\Omega.m$)
1	Lempung	1 – 100
2	Lanau	10 – 200
3	Batu Lumpur	3 – 70
4	Kuarsa	$10 - 2 \times 10^8$
5	Batu Pasir	1 – 1.000
6	Batu Kapur	100 – 500
7	Lava	$100 - 5 \times 10^4$

No.	Jenis Batuan	Resistivitas ($\Omega.m$)
8	Air Tanah	0.5 – 300
9	Breksi	75 – 200
10	Andesit	100 – 200
11	Tufa	20 – 100
12	Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$

D. *Electrical Logging*

Metode pengukuran *electrical logging* adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk melihat kondisi lapisan tanah atau batuan secara vertikal yang dilakukan setelah kegiatan pemboran. Tujuannya yaitu untuk mengetahui gambaran vertial lapisan batuan pada lubang bor dari hasil pengukuran *electrical logging* (Umar dan Setiawan, 2017). Prinsip dasar metode *electrical logging* yaitu mengukur parameter sifat fisik batuan pada kedalaman secara kontinyu dari sumur pemboran. Sifat-sifat fisik yang terukur yaitu potensial listrik batuan/kelistrikan, tahanan jenis batuan, radioaktivitas, kecepatan rambat gelombang elastis, kerapatan batuan (densitas), dan kemiringan batuan, serta kekompakan batuan.

D.1 Log Spontaneous Potensial (SP)

Log SP merupakan rekaman perbedaan potensial listrik antara elektroda di permukaan dengan elektroda yang terdapat di lubang bor

yang bergerak naik–turun. Log SP digunakan untuk :

1. Identifikasi lapisan permeabel
2. Mencari batas-batas lapisan permeabel dan korelasi antar sumur berdasarkan lapisan itu.
3. Menentukan nilai resistivitas air formasi
4. Memberikan indikasi kualitatif lapisan serpih.

D.2 Log Resistivitas

Resistivitas suatu batuan merupakan kemampuan dari batuan untuk menghambat penjalaran arus listrik yang mengalir pada batuan (Darling, 2005).

Log Resistivitas dapat digunakan untuk zona air, mengidentifikasi zona hidrokarbon, mengidentifikasi zona lapisan permeabel dengan mendeterminasi porositas resistivitas, karena batuan dan matrik tidak konduktif, maka kemampuan batuan untuk menghantarkan arus listrik tergantung pada fluida dan pori. Alat-alat yang dapat digunakan untuk mencari nilai resistivitas terdiri dari dua kelompok yaitu Laterolog dan Induksi.

E. Pengeboran dan Pengambilan Contoh Batuan

Salah satu tahapan eksplorasi yang paling penting adalah tahapan pemboran, dimana pada tahapan ini diperlukan adanya pengawasan lapangan yang merupakan peranan seorang *Well/site Geologist*. Tahapan pemboran memiliki beberapa tujuan, yaitu :

1. Mengetahui jenis dan urutan lapisan batuan
2. Mengetahui adanya indikasi geologi struktur
3. Mengambil sampel yang diperlukan dalam eksplorasi geologi
4. Mengetahui kondisi muka air tanah

Beberapa metode investigasi batuan, seperti pengeboran, sumuran uji, pemetaan geologi, dan metode geofisika. Pengeboran inti merupakan metode investigasi utama yang digunakan dalam pengambilan contoh batuan utuh bagi keperluan pengujian dan penilaian kualitas dan struktur batuan. Metode-metode sumuran uji, bor tanpa inti, dan geofisika biasanya digunakan untuk mengidentifikasi bagian atas batuan (Sukartono, 2010).

Setiap tahapan kegiatan pengambilan, pengeluaran, penyimpanan dan pengujian contoh akan menimbulkan berbagai tingkat gangguan pada contoh tanah, sehingga diperlukan metode pengambilan, penanganan, dan penyimpanan contoh yang baik untuk mengurangi gangguan tersebut. Gangguan yang terjadi selama tahapan pengambilan sampai pengujian contoh, harus disadari dan diketahui oleh tenaga ahli geoteknik (Sukartono, 2010).