



***JUSTIFIKASI SITUS CANDI DUDUHAN DI
KECAMATAN MIJEN KOTA SEMARANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
KONFIGURASI *DIPOLE – DIPOLE****

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Program Studi Fisika

oleh
Nur Priyantini
4211413022

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

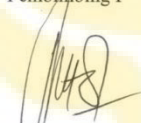
2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "*JUSTIFIKASI* SITUS CANDI DUDUHAN DI KECAMATAN MIJEN KOTA SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI *DIPOL*E – *DIPOL*E" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

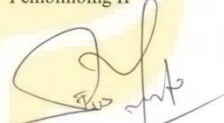
Semarang, 10 Agustus 2017

Pembimbing I



Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP. 19630610 198901 1 002

Pembimbing II



Dr. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 19660705 199003 1 002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Skripsi ini yang berjudul "*JUSTIFIKASI SITUS CANDI DUDUHAN DI KECAMATAN MIJEN KOTA SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI *DIPOLE - DIPOLE**" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Semarang, 10 Agustus 2017



Nur Priyantini
4211413022

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Justifikasi Situs Candi Dduhan Di Kecamatan Mijen Kota Semarang

Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Dipole – dipole*

disusun oleh

Nur Priyantini

4211413022

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 15 Agustus 2017



Prof. Dr. Zhenuri, S.E., M.Si.,Akt.
NIP. 19641223 198803 1 001

Sekretaris

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 19680714 199603 1 005

Ketua Penguji

Dr. Sulhadi, M.Si
NIP. 19710816 199802 1 001

Anggota Penguji /
Pembimbing Utama

Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP. 19630610 198901 1 002

Anggota Penguji /
Pembimbing Pendamping

Dr. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 19660705 199003 1 002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- ❖ *Seberapapun indahny rencana kita, jauh lebih indah rencana Allah SWT (16April2017).*
- ❖ *Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS. Al Insyiroh).*

PERSEMBAHAN :

- Allah SWT atas semua kenikmatan yang telah Engkau berikan kepada hamba dan keluarga.
- Kedua orang tuaku yaitu Bapak Marimin dan Ibu Suparni, kakakku Krisnanto, dan adikku Taufik Hidayat yang selalu mendukung, memberikan semangat, dan kasih sayangnya serta pengorbanan dan perjuangan yang begitu besar.
- M. Wakhid Al-Qodri yang selalu mendukung, memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan Skripsi.
- Dosen pembimbing, seluruh keluarga besar Fisika 2013, dan teman-teman yang selalu memberi doa, semangat, dan dukungan.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi kemudahan dalam melaksanakan penelitian maupun penyusunan skripsi dengan judul “*Justifikasi* Situs Candi Duduhan di kecamatan Mijen Kota Semarang dengan menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Dipole – dipole*”. Serangkaian proses yang dimulai dari penyusunan proposal, seminar proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi merupakan penerapan ilmu yang telah dipelajari selama menempuh perkuliahan. Dalam pelaksanaannya, penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studinya.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, atas izin yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
3. Ketua Jurusan Fisika, atas kemudahan administrasi dalam menyelesaikan skripsi.
4. Dr. Khumaedi, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Agus Yulianto, M.Si selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
5. Dr. Sulhadi, M.Si selaku Dosen Penguji, atas saran dan masukan yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu dosen, atas ilmu yang diberikan selama masa perkuliahan.
7. Koordinator Penulisan Skripsi, Sekretaris Jurusan dan TU Jurusan yang telah membantu kelancaran dalam administrasi penyusunan skripsi.
8. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta atas doa dan dukungannya.
9. Tim Eksplorasi (Mas Fajar, Bagas, Mitha, Fadila, dan teman-teman lainnya) yang telah bekerja keras dalam membantu pelaksanaan penelitian serta keluarga besar KSGF UNNES, atas semangat dan dukungannya.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan. Penelitian lanjutan diharapkan dapat menyempurnakan skripsi ini dengan berbagai perbaikan.

Semarang, 10 Agustus 2017

Penulis



Nur Priyantini
4211413022

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Priyantini, N. 2017. *Justifikasi Situs Candi Duduhan di Kecamatan Mijen Kota Semarang dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole – Dipole*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Agus Yulianto, M.Si.

Kata Kunci: Andesit, Geolistrik, Situs Candi, *Dipole – dipole*

Candi merupakan peninggalan sejarah yang banyak ditemukan di Indonesia, namun banyak yang terkubur di bawah permukaan akibat bencana alam atau aktivitas gunung berapi. Penemuan candi dapat digunakan untuk mempelajari sejarah kebudayaan pada masa silam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi terkait dengan letak sebaran 3D batuan penyusun situs candi Duduhan. Metode yang digunakan yaitu metode geolistrik konfigurasi *dipole – dipole*. Pengambilan data dilakukan berdasarkan desain survai dengan luas area 26.400 m² yang meliputi 9 lintasan. Batuan penyusun Candi Duduhan berdasarkan singkapan, analisis data, dan nilai resistivitas tersusun oleh batuan andesit yang ditemukan pada lintasan keempat. Hasil interpretasi berdasarkan penampang menunjukkan adanya indikasi situs candi dengan panjang 15 meter pada kedalaman 1 – 10 meter menyebar ke arah Tenggara – Barat daya.



ABSTRACT

Priyantini, N. 2017. *Justifikasi Situs Candi Duduhan di Kecamatan Mijen Kota Semarang dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole Dipole*. Thesis, Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. Top Supervisor Dr. Khumaedi, M.Si. and Supervising Assistants Dr. Agus Yulianto, M.Si.

Keywords: Andesite, Geoelectric, the temple site, *dipole-dipole*

The temple is a historical heritage which is found in Indonesia, but some temple buried under the surface due to natural disasters or volcanic activity. The discovery of the temple can be used to learn the past of culture history. The purpose of this research to inform about 3D rocks of Duduhan temple site. The methode use geoelectric methode of dipole – dipole configuration. Data were collected based on survey design with area of 26.400 m² that has 9 tracks. The Duduhan temple rocks based on the outcrop, data analysis and resistivity value composed by andesite rocks that found on the fourth tracks. The result of interpretation based on section indicated there is a temple site which has lenght 15m in depth 1 – 10m and distribute to southeast until southwest.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Lokasi Penelitian	8
2.2 Situs Candi	10
2.3 Sifat Kelistrikan Batuan	12
2.4 Teori Geofisika	13
2.4.1 Konsep Dasar Geolistrik	13

2.4.2 Potensial Listrik oleh Elektroda Berarus Tunggal di Permukaan Bumi.....	18
2.4.3 Potensial Listrik oleh dua Elektroda Arus Dipermukaan Bumi	20
2.5 Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i>	22
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.1.1 Lokasi Penelitian	26
3.2.1 Waktu Penelitian	27
3.2 Data Penelitian	27
3.3 <i>Desain</i> Lokasi Penelitian	28
3.4 Alat Penelitian	29
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.5.1 Persiapan	31
3.5.2 Pengukuran Lapangan	31
3.6 Diagram Alir Penelitian	33
3.7 Pengolahan Data	34
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	35
4.2 Pemodelan Resistivity Dua Dimensi (2D)	36
4.2.1 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Pertama	36
4.2.2 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kedua	37
4.2.3 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Ketiga	37
4.2.4 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Keempat	38
4.2.5 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kelima	39
4.2.6 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Keenam	40
4.2.7 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Ketujuh	41
4.2.8 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kedelapan	42
4.2.9 Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kesembilan	43
4.3 Pembahasan	44

4.3.1 Pembahasan <i>Resistivity</i> 2D	47
4.3.2 Pembahasan <i>Resistivity</i> 3D	52
5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

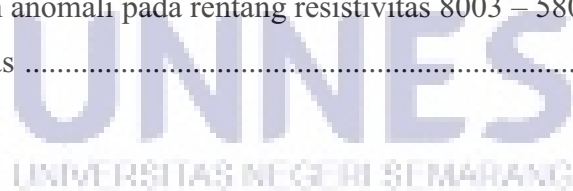
Tabel	Halaman
2.1 Nilai Resistivitas Batuan.....	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta geologi lembar Magelang Semarang.....	9
2.2 Silinder konduktor.....	14
2.3 Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi.....	19
2.4 Konfigurasi empat elektroda untuk menentukan resistivitas	20
2.5 Potensial dan aliran arus listrik pada penampang melintang	21
2.6 Susunan elektroda konfigurasi <i>Dipole-Dipole</i>	23
2.7 Konfigurasi <i>Dipole-dipole</i>	24
3.1 Peta Lokasi Penelitian	27
3.2 <i>Desain</i> survai lokasi penelitian dengan 8 lintasan melintang dan 1 lintasan membujur.....	29
3.3 Perangkat alat <i>resistivity multichanel</i> merk <i>S-Field</i>	30
3.4 Elektroda yang diinjeksikan ke dalam tanah.....	30
3.5 Kabel tunggal penghubung elektroda.....	31
3.6 Global Positioning System (GPS)	31
3.7 Skema susunan elektroda (Arus dan Potensial)	33
3.8 Diagram alir pelaksanaan penelitian	34
4.1 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan pertama.....	37
4.2 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan kedua	38
4.3 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan ketiga	39
4.4 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan keempat	40
4.5 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan kelima	41

4.6 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan keenam	42
4.7 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan ketujuh	42
4.8 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan kedelapan	43
4.9 Hasil pengolahan data menggunakan <i>software res2dinv</i> pada lintasan kesembilan	44
4.10 Persebaran anomali 3D pada rentang resistivitas 433 – 58003 Ωm	53
4.11 Persebaran anomali pada rentang resistivitas 433 – 58003 Ωm tampak atas	54
4.12 Kondisi singkapan situs candi Duduhan	54
4.13 Persebaran anomali pada rentang resistivitas 433 – 58003 Ωm tampak samping	55
4.14 Persebaran anomali 3D pada rentang resistivitas 8003 – 58003 Ωm	56
4.15 Persebaran anomali pada rentang resistivitas 8003 – 58003 Ωm tampak samping	57
4.16 Persebaran anomali pada rentang resistivitas 8003 – 58003 Ωm tampak atas	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Akuisisi Data Geolistrik	65
2. Hasil Pengolahan <i>Software Res2dinv</i>	89
3. Hasil Pengolahan <i>Software Rockworks</i>	91
4. Peta Geologi Lembar Magelang – Semarang	93
5. Surat Ijin Penelitian	94
6. Dokumentasi Akuisisi Data Geolistrik	95
7. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing	96
8. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana	97



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang memiliki nilai sejarah yang sangat tinggi. Salah satunya berasal dari sejarah masa lalu dengan latar belakang kerajaan. Bangunan dan peninggalan purbakala merupakan warisan budaya nasional pada masa sekarang. Candi adalah salah satu warisan budaya yang menjadi kebanggaan bangsa. Candi merupakan bangunan bersejarah yang digunakan untuk ritual keagamaan oleh masyarakat Indonesia yang menganut agama Hindu-Budha. Bangunan candi berfungsi sebagai makam dan kuil berbentuk gapura beratap (paduraksa) atau tidak beratap (candi bentar) (Rahardian & Fery, 2015).

Candi merupakan peninggalan sejarah yang banyak ditemukan di Indonesia, sebagian besar berada di Jawa, yaitu Jawa Tengah dan Jawa Timur. Peninggalan tersebut masih banyak yang terkubur di dalam tanah diakibatkan oleh beberapa faktor seperti gempa bumi, banjir, serta aktivitas gunung berapi. Bangunan candi yang masih terkubur perlu dicari dan diketahui, karena penemuan benda arkeologis dapat digunakan untuk mempelajari sejarah kebudayaan pada masa silam.

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat mengakibatkan kebutuhan lahan pemukiman dan lahan industri semakin meningkat. Terkait lokasi

situs yang berada dekat dengan pemukiman warga, hal tersebut secara tidak langsung menjadi penyebab hancurnya peninggalan bersejarah, bahkan terancam hilang karena kemajuan pembangunan industri. Informasi tentang keberadaan batuan penyusun candi di bawah permukaan merupakan dasar penelitian untuk dilakukan. Hal tersebut tidak mudah diabaikan begitu saja, perlu adanya kepedulian dari semua pihak mengenai perlindungan terhadap peninggalan benda-benda bersejarah.

Pada tanggal 28 September 2015, Pusat Penelitian Arkeolog Nasional menyampaikan bahwa di Semarang, tepatnya di Duduhan ditemukan benda bersejarah yaitu tumpukan batu andesit membentuk situs candi berbentuk bujursangkar yang menyerupai Candi Jabung di Probolinggo. Warga Duduhan menemukan Arca Ganesha (patung manusia berkepala gajah) dan Nanji (patung sapi) di sekitar lokasi. Benda-benda tersebut merupakan ciri khas dari Kerajaan Hindu. Situs-situs purbakala pada umumnya ditemukan tanpa disengaja oleh warga yang sedang menggali tanah untuk kepentingan tertentu (Ariani, 2012). Penemuan tersebut kemudian ditindaklanjuti oleh lembaga yang berwenang, sebab benda tersebut merupakan kekayaan budaya yang harus dijaga dan dilestarikan. Menurut Tim Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BPPP), sebagaimana dikutip oleh Prasetyo *et al.* (2016) menyatakan bahwa posisi dan lokasi temuan situs Candi Duduhan ditemukan di lahan milik Sutopo, warga RT 04 RW 05 Kelurahan Mijen. Menurut peta geologi, lokasi penelitian yaitu di Duduhan Semarang berada pada formasi kaligetas yang didominasi oleh breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan, dan batu lempung.

Tim Arkeolog Nasional menyampaikan bahwa bangunan situs Candi Duduhan banyak berada dibawah permukaan tanah. Beberapa bagian bangunan dari Candi masih banyak yang belum ditemukan dan diteliti meskipun sudah ada penggalian bagian Candi yang terkubur. Penelitian dengan menggunakan metode magnetik sudah dilakukan untuk mengetahui letak sebaran dan kedalaman batuan penyusun candi di Duduhan, Kota Semarang. Hasil interpretasi menggunakan metode magnetik menunjukkan bahwa batuan andesit merupakan batuan penyusun situs candi terletak pada arah selatan – tenggara di daerah penelitian dengan kedalaman 15 m sampai 25 m berbentuk bujursangkar dengan panjang kurang lebih 9 m (Prasetyo *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian sebelumnya bagian selatan pada situs Candi Duduhan terdapat bagian bangunan yang belum ditemukan dan diteliti, sehingga perlu dilakukan penelitian lagi untuk mengetahui keberadaan kemenerusan candi sebagai upaya pelestarian kebudayaan. Batuan penyusun bangunan Candi Duduhan berupa batuan andesit, batuan tersebut umumnya memiliki nilai resistivitas lebih besar dibandingkan dengan nilai resistivitas material penimbun (umumnya berupa pasir yang merupakan material sedimen baru) (Jayanti *et al.*, 2012).

Usaha yang dilakukan dalam mencari benda bersejarah di bawah permukaan tanah secara efisien dan efektif menjadi hal yang sangat penting dilakukan sebelum dilaksanakan penggalian (Usmardin & Sismanto, 2010). Salah satu peran ilmu geofisika yaitu untuk memperkirakan kedalaman dan persebaran benda purbakala. Metode magnetik hanya mampu mencari daerah yang prospek. Perlu digunakan metode geofisika yang lain untuk mendeteksi keberadaan situs

Candi Duduhan karena pada penelitian sebelumnya yaitu menggunakan metode magnetik tidak mampu mempresentasikan struktur batuan secara komprehensif (Suntoko *et al.*, 2012). Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui keberadaan bangunan candi yang masih terkubur yaitu dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah salah satu metode yang memanfaatkan nilai resistivitas batuan penyusunnya. Metode geolistrik digunakan untuk menggambarkan distribusi lapisan batuan pada daerah survai. Metode geolistrik menghasilkan data yang lebih presisi terkait dengan struktur perlapisan bawah permukaan yang dangkal (Broto & Rohima, 2008).

Metode geolistrik resistivitas mempunyai beberapa konfigurasi, konfigurasi yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu konfigurasi *dipole-dipole*. Metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole* dapat diterapkan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan pada objek yang penetrasinya relatif lebih dalam dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. Metode geolistrik dapat mengidentifikasi distribusi batuan penyusun situs candi, letak, kedalaman, dan persebarannya yang kemudian dapat memberikan informasi akurat serta mendukung penelitian yang lain terkait dengan penemuan candi di Duduhan Kecamatan Mijen Kota Semarang. Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai **“Justifikasi Situs Candi di Duduhan Kecamatan Mijen Kota Semarang dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole Dipole.**

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apa jenis batuan penyusun situs candi di Dukuh Duduhan yang masih terpendam berdasarkan data geolistrik?
2. Bagaimana letak sebaran 3D batuan penyusun situs candi di Dukuh Duduhan berdasarkan data geolistrik?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik.
2. Lokasi penelitian dilakukan di Dukuh Duduhan Kelurahan Mijen Kecamatan Mijen Kota Semarang. Penelitian dilakukan di sekitar singkapan situs Candi Duduhan dengan luas area 26.400 m^2 (176 m x 150 m).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis batuan penyusun situs candi di Dukuh Duduhan yang masih terpendam.

2. Mengetahui sebaran letak batuan penyusun situs candi di Dukuh Duduhan berdasarkan data geolistrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan manfaat bagi Pemerintah dan Masyarakat, yaitu untuk batuan Candi yang belum digali dapat dilakukan proses penggalian penyelamatan situs candi terkait pelestarian peninggalan benda bersejarah di Kota Semarang.
2. Memberikan manfaat bagi peneliti, yaitu memperdalam ilmu pengetahuan tentang metode geolistrik untuk mengetahui struktur bawah permukaan suatu daerah tertentu.
3. Hasil penelitian berupa informasi keadaan struktur bawah permukaan digunakan sebagai bahan pustaka dalam bidang penelitian yang sama.

1.6 Sistematika Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu: bagian awal skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi. Sistematika penulisan skripsi adalah ini sebagai berikut :

1. Bagian Awal Skripsi

Bagian ini berisi halaman judul, persetujuan pembimbing, halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian Isi Skripsi

Bagian ini terdiri dari lima bab yang meliputi:

a. Bab I Pendahuluan

Bab ini memuat alasan pemilihan judul yang melatarbelakangi masalah, perumusan masalah, batasan masalah yang digunakan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

b. Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi landasan teori yang mendasari penelitian.

c. Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisi uraian tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian, metode analisis dan interpretasi data.

d. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi uraian tentang hasil penelitian dan pembahasan .

e. Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian.

3. Bagian Akhir Skripsi

Bagian ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

BAB 2

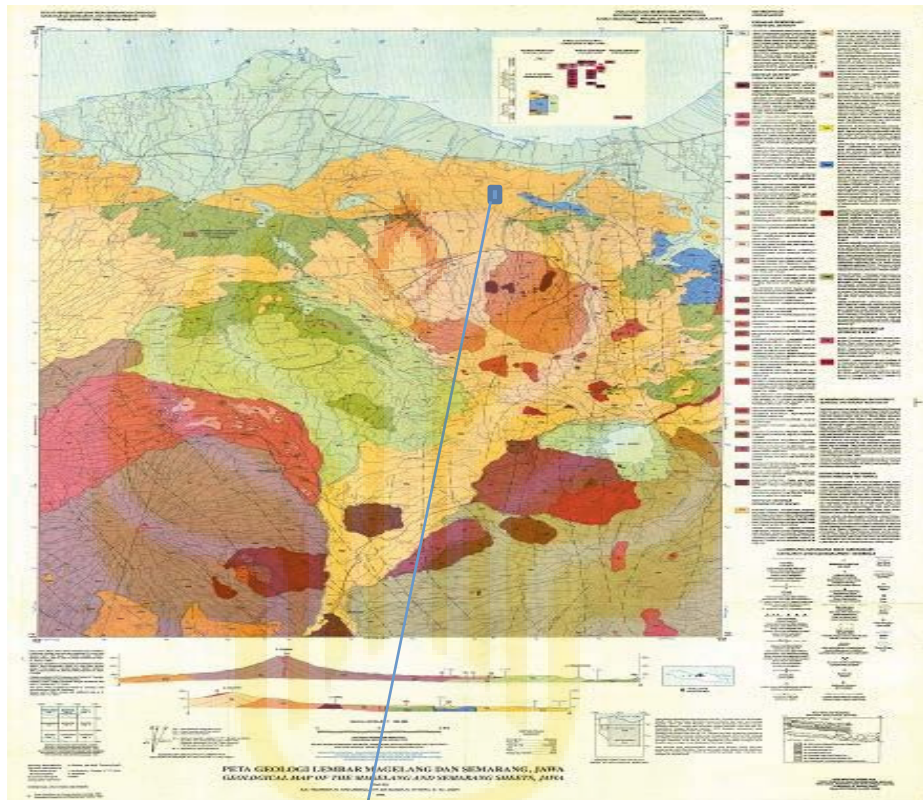
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Lokasi Penelitian

Menurut Thanden *et al.*, sebagaimana dikutip oleh Prasetyo *et al.* (2016) Kota Semarang memiliki posisi astronomi di antara 6°56' - 7°07' Lintang Selatan dan 110°16' - 110°30' Bujur Timur. Secara administratif wilayah Kota Semarang mempunyai luas wilayah 373,70 km² yang terbagi atas 16 Kecamatan dan 177 Kelurahan. Kecamatan Gunungpati dan Kecamatan Mijen merupakan Kecamatan terluas di Kota Semarang, luas wilayah masing-masing daerah tersebut yaitu 57,55 km² dan 54,11 km². Kecamatan Gunungpati dan Mijen terletak di bagian selatan Kota Semarang yang mempunyai potensi pertanian dan perkebunan.

Dukuh Duduhan merupakan salah satu Dukuh yang berada di Kelurahan Mijen, Kecamatan Mijen, Kota Semarang. Pada tahun 1976 ditemukan bangunan kuno dengan ukuran 9,3 m x 9,3 m di Dukuh Duduhan yang diketahui oleh Pusat Penelitian Arkeologi Nasional (PPAN), namun sejak saat itu belum ada tindak lanjut. Posisi candi tertutup oleh gundukan tanah dan pepohonan milik warga Sutopo, warga RT 4 RW 5, Kecamatan Mijen. Bentuk bangunan situs Duduhan lebih sederhana dibanding dengan Candi Borobudur dan Prambanan. Keberadaan Candi Duduhan diduga merupakan peninggalan bangunan kuno pada zaman Mataram Kuno.

Berdasarkan peta geologi lembar Magelang Semarang, daerah penelitian yaitu Dukuh Duduhan Kecamatan Mijen Kota Semarang berada pada formasi geologi yang bervariasi yaitu sebagai berikut:



Situs Candi Duduhan

Gambar 2.1 Peta geologi lembar Magelang Semarang
(Thanden *et al.*, 1996)

susunan stratigrafi daerah penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Batuan gunungapi kaligesik (Qpk)

Batuannya berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman, strukturnya halus dengan komposisi mineral yang terdiri dari felspar, olivi dan augit dengan struktur yang sangat keras.

b. Formasi Kaligetas (Qpkg)

Batuannya terdiri dari breksi aliran dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung yang mengandung moluska dan batu pasir tufan. Breksi dan lahar berwarna coklat kehitaman, dengan komponen berupa andesit, basalt, batu apung dengan masa dasar tufa, komponen umumnya berporositas sedang hingga tinggi, breksi bersifat keras dan kompak, sedangkan lahar sedikit rapuh. Lava berwarna hitam kelabu, keras dan kompak. Tufa berwarna kuning keputihan, halus-kasar, porositas tinggi. Batu lempung berwarna hijau, porositas rendah, sedikit keras dalam keadaan kering dan mudah hancur dalam keadaan basah. Batu pasir tufan berwarna coklat kekuningan, halus sampai sedang, porositas sedang, sedikit keras.

c. Formasi Damar

Batuan ini berupa batupasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik. Batu pasir tufan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus – kasar. Batu pasir mengandung mineral mafik, felspar dan kuarsa. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitaman, komponennya terdiri dari andesit, basalt, dan batuapung.

2.2 Situs Candi

Candi merupakan istilah dalam Bahasa Indonesia yang merujuk pada bangunan yang digunakan untuk ritual keagamaan oleh masyarakat Indonesia yang menganut agama Hindu-Budha. Bangunan tersebut digunakan untuk tempat

pemujaan dewa-dewi atau memuliakan Budha, namun ada beberapa situs yang tidak digunakan sebagai tempat ibadah melainkan sebagai istana (kraton), pemandian (petirtaan), dan gapura. Peninggalan benda-benda bersejarah menjadi bukti bahwa kebudayaan dan peradaban nenek moyang bangsa Indonesia sangat tinggi (Rahardian & Fery, 2015) .

Candi banyak ditemukan di Indonesia, diantaranya yaitu di pulau Jawa, Kalimantan, Sumatera, dan Bali. Candi Hindu di Indonesia adalah Candi Prambanan, Candi Gedongsongo, Candi Singhasari dan Candi Kidal, sedangkan untuk candi yang bercorak Budha adalah Candi Borobudur, Candi Kalasan, dan Candi Sewu.

Penemuan situs candi di Dukuh Duduhan menjadi salah satu bukti sejarah perkembangan Hindu Budha pada masa silam di daerah Semarang bagian utara. Tumpukan batuan andesit ditemukan disekitar lokasi situs Candi Duduhan yang diduga akibat letusan Gunung Ungaran Purba. Aktivitas gunung berapi pada daerah Ungaran pada zaman dulu mengakibatkan daerah setempat tertimbun oleh material gunung berapi.

Warga menemukan candi yang berbentuk tidak rata, bergerigi, Arca, Nanji dan Ganesha. Peneliti dari Puslit Arkenas dan Akademisi melakukan *eskavasi* (penggalian) dan menemukan bangunan seperti tembok bertingkat. Benda-benda yang ditemukan di sekitar situs Candi Duduhan merupakan ciri khas dari Kerajaan Hindu. Kabid Perencanaan Bappeda Kota Semarang, M. Farchan menyampaikan bahwa temuan situs yang terkait dengan candi di Duduhan tersebar di banyak tempat, seperti Kendal dan Jakarta (Solopos.com, 2015).

2.3 Sifat Kelistrikan Batuan

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik (Telford *et al.*, 1990).

1. Konduksi secara elektronik

Konduksi secara elektronik terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.

2. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida terutama air. Batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi secara dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Pengaruh medan listrik dari luar menyebabkan elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti.

2.4 Teori Geolistrik

2.4.1 Konsep Dasar Geolistrik

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari struktur di dalam bumi berdasarkan sifat kelistrikan batuan penyusunnya (Yulianto & Widodo, 2008). Aliran listrik di dalam bumi dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewati. Salah satu karakteristik batuan yaitu mempunyai nilai resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik (Todd, 1980). Nilai resistivitas suatu bahan yang semakin besar menyebabkan semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, semakin kecil nilai resistivitas suatu bahan maka semakin mudah bahan tersebut menghantarkan listrik. Resistivitas batuan bervariasi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu porositas, jenis batuan dan fluida pengisi pori (air, minyak, dan gas). Simbol resistivitas atau tahanan jenis yaitu ρ (rho) dengan satuan Ωm .

Parameter yang diukur dalam pengukuran geolistrik yaitu potensial, arus, dan jarak elektroda. Prinsip kerja dari metode ini adalah dengan menginjeksikan arus ke bawah permukaan bumi sehingga diperoleh beda potensial, yang kemudian akan didapat informasi mengenai nilai resistivitas batuan (Hemeda, 2013). Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan empat elektroda yang disusun sebaris, salah satu dari dua buah elektroda yang berbeda muatan digunakan untuk mengalirkan arus ke dalam tanah, dan dua elektroda lainnya digunakan untuk mengukur tegangan yang ditimbulkan oleh aliran arus tadi, sehingga resistivitas bawah permukaan dapat diketahui (Karavul *et al.*, 2010).

Pengukuran arus dan potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis pada masing-masing lapisan dibawah titik pengukuran.

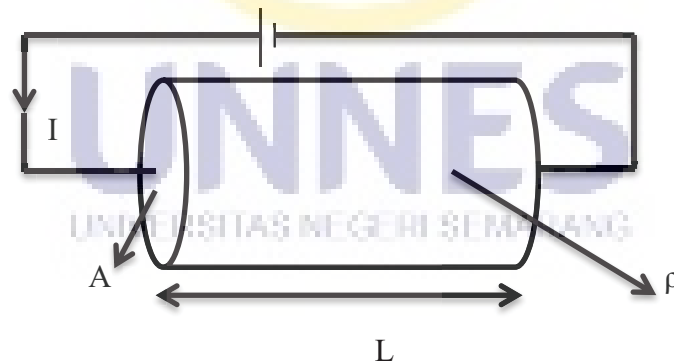
Metode geolistrik menggunakan prinsip fisika yaitu hukum Ohm dengan menganggap bumi sebagai sebuah hambatan (resistor). Berdasarkan hukum Ohm diketahui bahwa besar tegangan V suatu material akan bergantung pada kuat arus I dan hambatan listrik yang dirumuskan sebagai berikut :

$$V = I R \quad (1.1)$$

Rumus resistivitas suatu bahan jika ditinjau suatu silinder dengan panjang L , luas penampang A , dan resistansi R , maka dapat dirumuskan dengan rumus seperti di bawah ini :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1.2)$$

Silinder konduktor ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 Silinder konduktor.

Suatu material konduktif berbentuk silinder yang homogen memiliki persamaan (1.3) yaitu:

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (1.3)$$

atau

$$\rho = \frac{V A}{I L} \quad (1.4)$$

dimana V merupakan beda potensial dan I merupakan kuat arus yang melalui bahan (Ampere) (Telford *et al.*, 1990). Nilai resistivitas yang dipengaruhi oleh luas batang silinder (A) dan panjang silinder (L), akan berbanding lurus nilai resistivitasnya seiring dengan penambahan nilai A dan L .

Resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas atau daya hantar listrik yang disimbolkan dengan σ (sigma) dengan satuan $\frac{1}{\Omega}$, maka resistivitas dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (1.5)$$

dari persamaan (1.4) dan (1.5) diperoleh :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{I L}{V A} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) \quad (1.6)$$

Persamaan dibawah ini digunakan untuk menentukan potensial listrik yaitu :

$$E = \frac{V}{L} \quad (1.7)$$

$$J = \frac{I}{A} \quad (1.8)$$

dimana J merupakan rapat arus (ampere/m²) dan E merupakan medan listrik (volt/m). Sehingga diperoleh rumus konduktivitas sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (1.9)$$

didapatkan persamaan medan listrik kombinasi antara nilai resistivitas dengan rapat arus yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \rho J \quad (1.10)$$

Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Resistivitas yang terukur merupakan resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Harga resistivitas yang terukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja, sehingga resistivitas yang terukur disebut resistivitas semu (Reynolds, 1997). Aliran listrik dalam bumi dapat ditinjau sebagai medium homogen isotropik yang dialiri arus listrik searah I dan medan listrik E , sehingga menyebabkan arus (dI) yang melalui medium dengan luas (dA) mengakibatkan kerapatan arus (J) dalam ampere/meter², maka besarnya elemen arus listrik dI yang melalui elemen permukaan tersebut adalah:

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (1.11)$$

Sesuai dengan hukum Ohm, rapat arus \vec{J} dan medan listrik \vec{E} yang ditimbulkannya yaitu:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (1.12)$$

Medan listrik merupakan gradien potensial (V), sehingga:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad (1.13)$$

maka:

$$\vec{J} = -\sigma \vec{\nabla}V \quad (1.14)$$

Muatannya diasumsikan tetap, berarti tidak ada arus yang keluar atau arus yang masuk dalam suatu volume tertutup dengan luas permukaan dA maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$\int_A^{\infty} \vec{j} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (1.15)$$

Menurut teorema Gauss, divergensi rapat arus yang keluar dari volume yang disamakan dengan luas permukaan A adalah sama dengan jumlah total muatan yang terdapat di permukaan A sehingga berlaku:

$$\int_0^{\infty} (\vec{\nabla} \cdot \vec{j}) dV_{vol} = 0 \quad (1.16)$$

Sehingga diperoleh hukum Kekekalan Muatan:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}(\sigma V) = 0 \quad (1.17)$$

$$-\sigma \vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla} V = -\sigma \vec{\nabla}^2 V = 0 \quad (1.18)$$

Konduktivitas listrik medium (σ) bernilai konstan sehingga diperoleh bentuk persamaan *Laplace* untuk potensial yaitu:

$$\vec{\nabla}^2 V = 0 \quad (1.19)$$

Persamaan diferensial *Laplace* yang digunakan berupa persamaan untuk koordinat bola karena medan equipotensial dalam bumi berupa simetri bola. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (1.20)$$

Bumi diasumsikan homogen isotropi yang sudah dijelaskan diatas, maka potensial V merupakan fungsi r saja ($V = V(r)$), akibatnya solusi umum persamaan *Laplace* dalam sistem koordinat bola adalah:

$$\vec{\nabla}^2 V = \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (1.21)$$

Nilai dari $\frac{d}{dr}\left(r^2 \frac{dV}{dr}\right) = 0$, maka $r \frac{dV}{dr}$ bernilai konstan, sehingga persamaan (1.21)

menghasilkan:

$$r^2 \frac{dV}{dr} = C_1 \quad (1.22)$$

$$\frac{dV}{dr} = \frac{C_1}{r^2} \quad (1.23)$$

$$dV = \frac{C_1}{r^2} dr \quad (1.24)$$

$$\int dV = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (1.25)$$

$$V(r) = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (1.26)$$

$$V(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (1.27)$$

dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta.

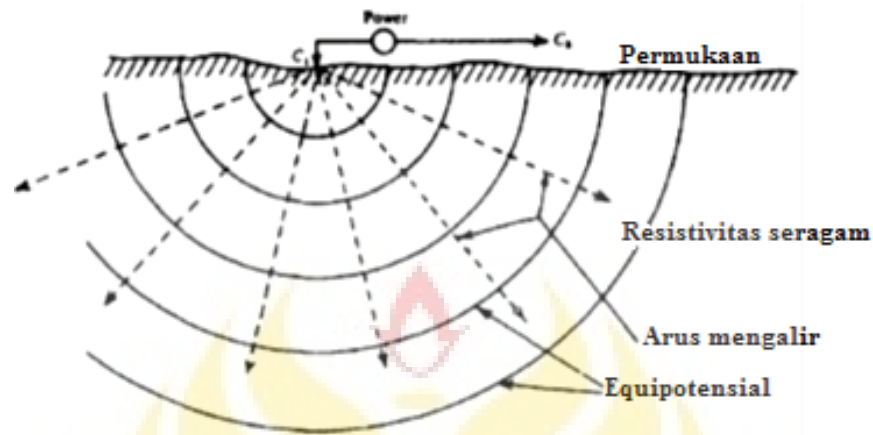
Syarat batas diterapkan untuk potensial yaitu pada jarak $r = \infty$, maka potensial di tempat itu adalah nol, sehingga diperoleh $C_2 = 0$ membuat persamaan menjadi:

$$V = -\frac{C_1}{r} \quad (1.28)$$

2.4.2 Potensial Listrik oleh Elektroda Berarus Tunggal di Permukaan Bumi

Garis-garis ekuipotensial membentuk luas penampang berbentuk setengah bola dalam bumi terjadi karena adanya arus listrik yang timbul dipermukaan. Hal ini terjadi karena konduktifitas listrik di udara bernilai nol, sehingga persamaan yang digunakan hanya untuk arus listrik yang melewati medium batuan.

Potensial disekitar titik arus pada permukaan bumi ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3 Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi (Telford *et al.*, 1990)

Arus listrik dalam elektroda arus mengalir kesegala arah, sehingga membentuk bidang setengah bola seperti dijelaskan diatas, dengan luas setengah bola $2\pi r^2$. Arus total yang melintasi bidang berbentuk setengah bola tersebut diberikan dengan persamaan sebagai berikut,

$$J = \frac{I}{A} \quad (1.29)$$

$$I = AJ \quad (1.30)$$

$$I = +2\pi r^2 J \quad (1.31)$$

$$I = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} \quad (1.32)$$

$$I = -2\pi \sigma C_1 \quad (1.33)$$

$$I = -\frac{2\pi}{\rho} C_1 \quad (1.34)$$

Sehingga diperoleh:

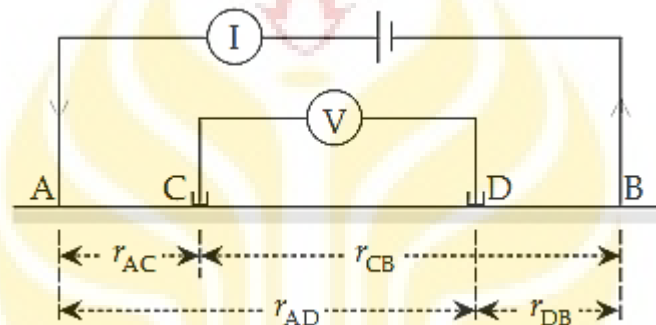
$$C_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (1.35)$$

Potensial yang timbul akibat elektroda arus didapat dengan mensubstitusikan persamaan (1.28) kedalam persamaan (1.35), sehingga diperoleh:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r} \right) \quad (1.36)$$

2.4.3 Potensial Listrik oleh dua Elektroda Arus Dipermukaan Bumi

Konfigurasi empat elektroda untuk menentukan resistivitas ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Konfigurasi empat elektroda untuk menentukan resistivitas (Lowrie, 2007)

Elektroda A dan B merupakan elektroda arus yang diinjeksikan kedalam bumi sebagai sumber dan penangkap arus dari dalam bumi. Elektroda C dan D digunakan untuk mendeteksi potensial listrik yang melewati sumber elektroda arus (AB), maka potensial yang timbul yaitu :

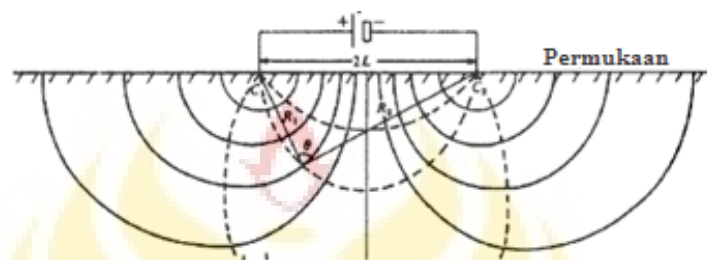
$$V_c = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AC}} - \frac{1}{r_{CB}} \right) \text{ dan } V_d = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AD}} - \frac{1}{r_{DB}} \right) \quad (1.37)$$

Setelah dihasilkan persamaan (1.37) maka dapat diketahui V total sebagai berikut:

$$\Delta V = V_c - V_d \quad (1.38)$$

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AC}} - \frac{1}{r_{CB}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AD}} - \frac{1}{r_{DB}} \right) \right\} \quad (1.39)$$

Jarak kedua elektroda arus (A dan B) adalah tertentu, sehingga potensial disetiap titik permukaan terdekat akan terpengaruh oleh kedua elektroda arus. (Telford *et al.*,1990). Potensial dan aliran arus listrik dilihat pada penampang melintang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.5 Potensial dan aliran arus listrik pada penampang melintang (Telford *et al.*, 1990)

Persamaan umum yang dihasilkan untuk mencari nilai resistivitas suatu bahan dengan menggunakan konfigurasi empat buah elektroda sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AC}} - \frac{1}{r_{CB}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AD}} - \frac{1}{r_{DB}} \right) \right\}^{-1} \quad (1.40)$$

$$\rho = \frac{V}{I} 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_{AC}} - \frac{1}{r_{CB}} - \frac{1}{r_{AD}} + \frac{1}{r_{DB}} \right) \right\}^{-1} \quad (1.41)$$

$$\rho = K \frac{V}{I} \quad (1.42)$$

Persamaan (1.39) menunjukkan beda tegangan antara kedua elektroda potensial yang terukur dan persamaan (1.42) menunjukkan besarnya nilai resistivitas bahan atau batuan yang besarnya bergantung pada beda tegangan (V), kuat arus I dan faktor geometri elektroda (K).

Variasi nilai resistivitas bahan atau batuan dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Nilai Resistivitas Batuan (Telford *et al.*, 1990)

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara (dimuka bumi)	0
Air asin	0.21
Air tanah	0.5 – 200
Lempung	1 - 100
Pasir	1 - 1000
Tembaga	1 – 1,7
Magnesium	4,2
Bijih Besi	0,1 – 25
Aluvium	10 – 800
Mangan	44 – 160
Kerikil	100 – 600
Batu Pasir	200 – 8000
Gamping	50 – 1×10^7
Karbon	3000
Batuan Garam	$30 - 1 \times 10^{13}$
Kwarsa	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
Andesit	$17 \times 10^1 - 45 \times 10^3$

2.5 Konfigurasi *Dipole-dipole*

Penentuan resistivitas tanah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik melalui dua elektroda arus dan potensial yang diinjeksikan kedalam tanah. Beberapa aturan yang digunakan untuk menempatkan elektroda tersebut. Aturan keempat elektroda tersebut dinamakan sebagai konfigurasi elektroda.

Metode Geolistrik dengan menggunakan konfigurasi *Dipole-dipole* digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas bawah permukaan lebih dalam dibandingkan konfigurasi *Schlumberger* dan *Wenner*. Penelitian Silva & Filho (2012), juga menyatakan bahwa konfigurasi *Dipole – dipole* memiliki kualitas sangat bagus dalam memberikan informasi secara horisontal maupun vertikal. Konfigurasi *Dipole – dipole* memiliki resolusi tinggi secara horisontal dan mampu membedakan nilai resistivitas batuan secara kontras dibandingkan konfigurasi yang lain. Konfigurasi *Dipole – dipole* memiliki efek resolusi anomali lebih tinggi dan signal noise yang dihasilkan rendah dibandingkan konfigurasi lainnya (Okpoli, 2013).

Konfigurasi *Dipole – dipole* menggunakan 4 buah elektroda yaitu elektroda arus (A-B) dan pasangan elektroda potensial (C-D). Susunan elektroda konfigurasi *Dipole – dipole* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Susunan elektroda konfigurasi *Dipole-Dipole* (Lowrie, 2007)

Jika L semakin besar maka kedalaman pendugaan akan semakin besar. Spasi antara elektroda arus A-B sejauh a dan elektroda potensial C-D sejauh a dengan jarak sejauh L maka dapat ditentukan persamaan dari faktor geometri konfigurasi *Dipole-Dipole* sebagai berikut:

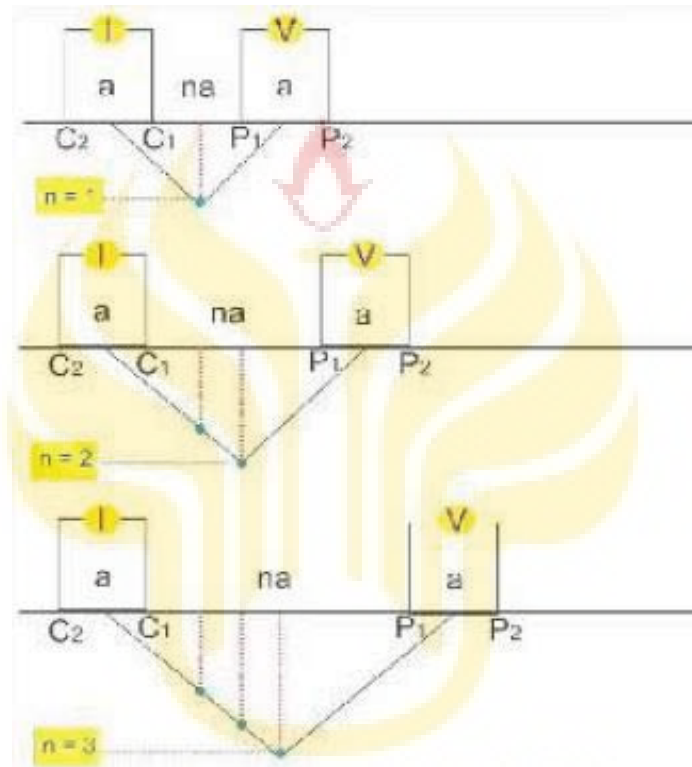
$$r_{AC} = L$$

$$r_{AD} = L + a$$

$$r_{CB} = L - a$$

$$r_{DB} = L$$

Susunan datum point resistivitas semu ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



2.6 Konfigurasi *Dipole-dipole* (Ningtyas, 2013)

Persamaan umum empat elektroda untuk menentukan nilai resistivitas semu (ρ_a) pada persamaan (1.43) sehingga nilai (ρ_a) konfigurasi *Dipole-Dipole* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AC}} - \frac{1}{r_{CB}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AD}} - \frac{1}{r_{DB}} \right) \right\}^{-1} \quad (2.1)$$

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \left(\frac{1}{L} - \frac{1}{L-a} \right) - \left(\frac{1}{L+a} - \frac{1}{L} \right) \right\}^{-1} \quad (2.2)$$

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \left(\frac{-a}{L^2 - aL} \right) - \left(\frac{-a}{L^2 + aL} \right) \right\}^{-1} \quad (2.3)$$

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \frac{-a(L^2 + aL) + a(L^2 - aL)}{(L^2 - aL)(L^2 + aL)} \right\}^{-1} \quad (2.4)$$

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \frac{-2a^2L}{(L^4 - a^2L^2)} \right\}^{-1} \quad (2.5)$$

Nilai geometri didapat pada susunan elektroda bernilai positif maka pada nilai susunan elektroda AB dan CD dimutlakan karena tidak terdapat nilai geometri yang bernilai negatif, sehingga persamaan (2.5) menjadi persamaan (2.6) seperti dibawah ini:

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \frac{2a^2L}{(L^4 - a^2L^2)} \right\}^{-1} \quad (2.6)$$

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \frac{(L^4 - a^2L^2)}{2a^2L} \quad (2.7)$$

$$\rho = \frac{\pi V}{I} \frac{(L^3 - a^2L)}{a^2} \quad (2.8)$$

$$\rho = \frac{\pi V}{I} \frac{L(L^2 - a^2)}{a^2} \quad (2.9)$$

sehingga dihasilkan persamaan hubungan antara nilai resistivitas dengan faktor geometri dari konfigurasi elektroda *Dipole-Dipole* sebagai berikut:

$$\rho = \frac{V}{I} K \quad (2.10)$$

$$\text{Dimana } K = \pi \frac{L(L^2 - a^2)}{a^2} \quad (2.11)$$

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

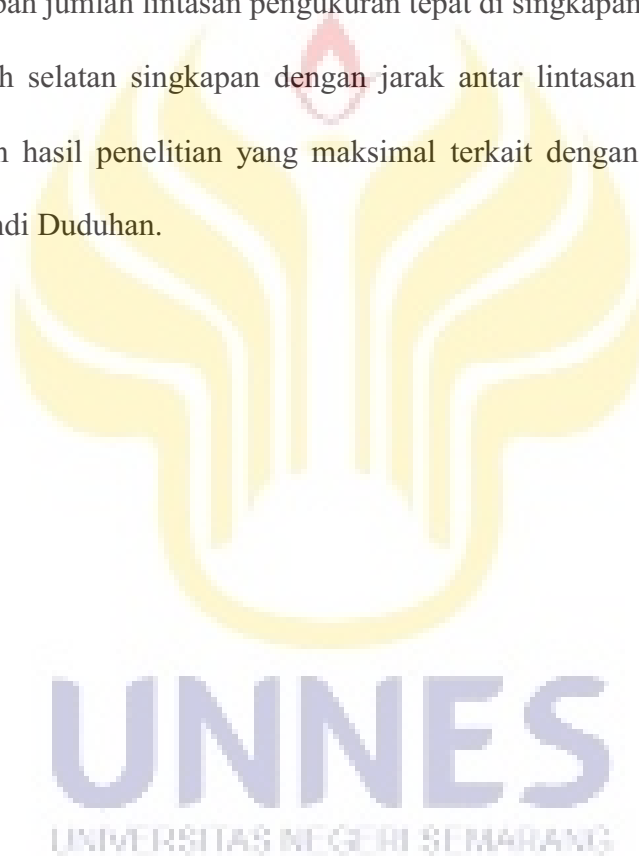
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

- 1) Jenis batuan penyusun situs candi di Dukuh Duduhan diidentifikasi sebagai batuan andesit.
- 2) Indikasi batuan andesit di bawah singkapan Candi Duduhan berada dalam rentang 8003 – 58003 Ω m, ditemukan pada lintasan keempat dengan kedalaman sekitar 1 - 10 meter dibawah permukaan tanah dengan panjang kurang lebih 15 meter. Persebaran candi yang dihasilkan di daerah penelitian relative membentang kearah Tenggara – Barat Daya.

5.1 Saran

Mengacu dari hasil akhir dan pembahasan di atas, penelitian ini masih harus disempurnakan, sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan :

- 1) Memastikan letak singkapan batuan candi yang muncul dipermukaan untuk menjadi acuan pengukuran dibawah permukaan.
- 2) Menambah jumlah lintasan pengukuran tepat di singkapan candi dan 10 meter disebelah selatan singkapan dengan jarak antar lintasan ≤ 3 meter agar di dapatkan hasil penelitian yang maksimal terkait dengan bentuk dan luasan situs candi Duduhan.



DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, Z. 2016. *Pemetaan Sebaran Bawah Permukaan Situs Arkeologi Biting Vlok Randu Kabupaten Lumajang Jawa Timur berdasarkan Survei Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner*. Skripsi. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ariani, N. D. 2012. *Pemetaan Sebaran Batuan Penyusun Pagar Candi di Situs Candi Losari Desa Losari Kecamatan Salam Kabupaten Magelang Berdasarkan Metode Magnetik*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Kalijaga.
- Berita Jateng, Semarang. (Online). Tersedia di : <http://beritajateng.net/ditemukan-situs-candi-baru-di-dudukan-mijen-semarang/>.
- Broto, S. & Rohima S. A. 2008. *Pengolahan Data Geolistrik dengan Menggunakan Metode Schlumberger*. Teknik. 29(2) ISSN 0852 – 1697.
- Hemeda, S. 2013. *Electrical Resistance Tomography (ERT) Subsurface Imaging for Non- destructive Testing and Survey in Historical Buildings Preservation*. Cairo : Cairo University.
- Jayanti, D. S., Darsono, & B. Legowo. 2012. *Identifikasi Situs Candi Bukit Carang, Karanganyar Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol – Dipol*. Indonesian Journal of Applied Physics. 2(1) : 46.
- Juandi. 2008. *Analisis Air Bawah Tanah dengan Metode Geolistrik*. Journal of Environmental Science.
- Karavul, C., Z. Dedebali, A. Keskinsezer., G. Beyhan, & A. Demirkol. 2010. *Magnetic and electrical resistivity image survey in a buried Adramytteion ancient city in Western Anatolia*. Sakarya : Sakarya University.
- Karisma, U. 2013. *Pola Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan Situs Megalitikum dengan Metode Geolistrik RES3D Kecamatan Grujugan Kabupaten Bondowoso*. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental Of Geophysics Second Eition*. New York : Cambridge University Press.
- Margaworo, A. 2009. *Identifikasi Batuan Dasar di Desa Kroyo, Karangmalang Kabupaten Sragen Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole – dipole*. Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

- Mufidah, J. 2016. *Aplikasi Metode Geolistrik 3D untuk Menentukan Situs Arkeologi Biting Blok Salak di Desa Kutorenon Kecamatan Sukodono Lumajang Jawa Timur*. Skripsi. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ningtyas, R. I. 2013. *Survei Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole Dipole Desa Jatilor Kecamatan Godong Kabupaten Grobogan*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Okpoli, C. C. 2013. *Sensitivity and Resolution Capacity of Electrode Configurations*. Faculty of Science : Departement of Geology and Applied Geophysics.
- Prasetyo, L. O., Khumaedi, & A. Yulianto. 2016. *Pemetaan Batuan Penyusun Situs Candi Duduhan Di Mijen Semarang*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Rahardhian, P. H. & Fery W. C. 2015. *Kajian Arsitektur Percandian Pertirtaan di Jawa (identifikasi)*. Bandung : Universitas Katolik Parahyangan.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York : John Wiley and Sons Ltd.
- Rianto, P. 2015. *Aplikasi Metode Geolistrik untuk Mengidentifikasi Situs Purbakala di Area Wana Wisata Gonoharjo*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Rozaq, A., A. Susilo, & Wasis. *Identifikasi Kedalaman Dan Struktur Lapisan Bawah Tanah Candi Jajaghu Berdasarkan Nilai Resistivitas Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole*. Universitas Brawijaya.
- Silva & W. M. Filho. 2012. *Geoelectrical Mapping of Contamination in The Cemeteries*. Brazil : The case study in Piracicaba.
- Solopos, Semarang. (Online). Tersedia di: (<http://www.solopos.com/2015/10/09/temuan-candi-mijen-candi-di-mijen-semarang-bisa-ubah-teori-masuknya-hindu-di-jawa-650489>).
- Suntoko, H., M. Nurdin, Yarianto, & Imam Hamzah. 2012. *Pendektesian Keberadaan Struktur Sesar Pada Batuan Vulkanik dengan Metode Magnetik*. *Eksplorium*. 33(2) : 111 – 120.
- Tama, S. K. 2015. *Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Scchlumberger*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Telford, W. M., Geldart, & R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics* (2thed.). London: Cambridge University Press.

- Thanden, R. E., H. Sumadirja, & P. W. Richards. 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa. Skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology Second Edition*. New york : John Wiley & Sons, Inc.
- Usmardin & Sismanto. 2010. *Penyebaran Batuan Situs Purbakala Candi Palgading di Dusun Palgading, Desa Sinduharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Menggunakan Metode Resistivitas Dipole Dipole*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Yulianto, T. & W. Sugeng. 2008. *Identifikasi Penyebaran dan Ketebalan Batu Bara Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas*. Berkala Fisika. 11(2) : 59–66.

