PEMETAAN SITUS ARKEOLOGI MANUSIA PURBA DI KAWASAN SANGIRAN KALIJAMBE SRAGEN DENGAN METODE GEOLISTRIK SCHLUMBERGER

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika

oleh

Fauziah Peni Rini Susilowati

4211411011

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2017

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 14 Juni 2017

Penulis

METERAI TEMPEL

6000

Fauziah Peni Rini Susilowati

4211411011

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Pemetaan Situs Arkeologi Manusia Purba Di Kawasan Sangiran Kalijambe Sragen Dengan Metode Geolistrik Schumberger

disusun oleh

Fauziah Peni Rini Susilowati

4211411011

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 06 Juni 2017

Panitia:

Ketua

Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si,Akt.
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Ketua Penguji

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Prof. Dr. Supriyadi, M.Si
NIP. 196505181991021001

Anggota Penguji/
Pembimbing II

Dr. Khumaedi, M.Si
NIP. 196306101989011002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Allah hendaklah kamu berharap.

(Qs. Al Insyiroh 6-8)

You can do anything if you have enthusiasm. Enthusiasm is the yeast that makes your hopes rise to the stars.

(Hendry Ford)

PERSEMBAHAN

- BapakIbu dan Adek-adek tercinta atas doa, dukungan dan kasih sayangnya
- Segenap Bapak/IbuDosen/Guru yang terhormat atas segala ilmu yang telahdiberikan
- Seluruh keluarga dan sahabat yang selalu member semangatnya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Segala puji bagi Allah swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Pemetaan Situs Arkeologi Manusia Purba Di Kawasan Sangiran Sragen Dengan Metode Geolistrik Schlumberger ". Serangkaian proses yang dimulai dari penyusunan proposal, seminar proposal, penelitian, dan penyusunan skripsi merupakan penerapan ilmu yang telah dipelajari selama menempuh perkuliahan. Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Ketua Jurusan Fisika.
4. Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika
5. Prof. Dr. Supriyadi M.Si., selaku Dosen Pembimbing I atas arahan dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
6. Dr. Khumaedi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II atas arahan dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
7. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., atas saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Kepala dan teknisi laboratorium atas peminjaman alat penelitian.
9. Bapak, Ibu,Adek-adek serta keluargaku yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat.
10. Sahabat-sahabatku Fisika 2011 yang telah membantu dalam terlaksananya penelitian serta semangat dan dukungannya.
11. Kesayangan Secermat Pelita yang selalu memberikan dorongan dan semangatnya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

12. Kawan-kawan seperjuanganku Bella,Shila,Mbak Desi ,Vita,Putri,Irma,Bunga, yang selalu menghadirkan tawa, semangat dan dorongan.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan manfaat bagi kemajuan penelitian di Indonesia. Penelitian lanjutan diharapkan dapat menyempurnakan skripsi ini.

Semarang,

Penulis

Fauziah Peni Rini Susilowati

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Susilowati,F.P.R. 2017. *Pemetaan Situs Manusia Purba Di Kawasan Sangiran Kalijambe Sragen Dengan Metode Geolistrik Schlumberger*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Prof. Dr. Supriyadi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Khumaedi.M.Si

Kata kunci : Geolistrik, fosil,tanah lempungan, resistivitas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pendugaan lapisan yang terdspat fosil di kawasan Situs Sangiran,hal ini dikarenakan diperkirakan masih banyak fosil yang masih tertimbun yang belum ditemukan sampai saat ini. Untuk dapat mengetahui lapisan yang diduga masih terdapat fosil dilakukan penelitian menggunakan geolistrik metode schlumberger. Data hasil pengukuran geolistrik terdiri 4 titik 8 lintasan(mapping). Hasil penelitian geolistrik menunjukkan bahwa lapisan di kawasan Situs Sangiran, memiliki resistivitas yang bervariasi. Resistivitas daerah penelitian terdistribusi dalam lapisan rijang,tanah lempungan,lempungan,dan lanauan. Lapisan yang diduga terdapat fosil adalah tanah lempung,karena melihat mineral lempung dengan mineral pengendap penyusun fosil sama yaitu Silika dan Besi.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i

PERNYATAAN ii

PENGESAHAN iii

MOTTO DAN PERSEMBAHAN iv

PRAKATA v

ABSTRAK vii

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

BAB

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. BatasanMasalah 4

1.4. Tujuan Penelitian 4

1.5. ManfaatPenelitian 4

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Daerah Sekitar 6

2.2. Situs Arkeologi Sangiran 7

2.3. Penemuan Fosil di Sangiran 9

2.4. Tanah Lempung 13

2.5. Metode Geolistrik 15

2.5.1 Geolistrik Resistivitas 15

2.5.2 Rumus-rumus Dasar Listrik 16
2.5.3 Sifat Kelistrikan Batuan 17
2.5.4 Potensial Dalam Medium Homogen 19
2.5.5 Titik Arus Didalam Bumi 20
2.5.6 Titik Arus Pada Permukaan Bumi 21
2.5.7 Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi 22
2.5.8 Konfigurasi Schlumberger 23
2.5.9 Resistivitas 25
a. Resistivitas Batuan 25
b. Resistivitas Semu 27

3. METODE PENELITIAN
3.1. Lokasi Penelitian 28
3.2. Variabel Penelitian 29
3.3. Alat dan Bahan 30
3.4. Prosedur Pelaksanaa 31
3.4.1 Periapan 31
3.4.2 Pengukuran Lapangan(Pelaksanaan) 31
3.4.3 Pengolahan Data 34
3.4.4 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian 35

4. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Hasil Penelitian 37
4.1.1. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Pertama 37
4.1.2. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kedua 37
4.1.3. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Ketiga 38
4.1.4. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Keempat 38
4.1.5. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kelima 39
4.1.6. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Keenam 39
4.1.7. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Ketujuh 40
4.1.8. Hasil Pengolahan Data di Lintasan Kedelapan 40
4.2. Interpretasi Data 46
4.3. Pembahasan 43
4.3.1 Struktur Tanah dan Batuan Kawasan Sangiran 43

4.3.2 Pendugaan Lapisan yang terdapat Fosil 43

5. PENUTUP

5.1. Simpulan 48

5.2. Saran 48

DAFTAR PUSTAKA 49

LAMPIRAN ……..……....50

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

Tabel 2.1 Komposisi Unsur Kimia pada Tanah Lempung..... 14

Tabel 2.2 Variasi Material Bumi..... 28

Tabel 4.1Interpretasi Data Geolistrik 42

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

Gambar 2.1Peta Geologi Lokasi Penelitian 6

Gambar 2.2 Silinder Konduktor 17

Gambar 2.3 Sumber Arus di dalam Medium Homogen 20

Gambar 2.4 Titik Arus di Permukaan Bumi pada Medium yang Homogen..... 22

Gambar 2.5. Dua Elektroda arus dan Dua Elektroda Potensial diPermukaan pada Homogen yang Isotropis 23

Gambar 2.6 Susunan Elektroda *Schlumberger* 24

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian 27

Gambar 3.2 Alat Resistivity Multy Channel..... 32

Gambar 3.3 Program Geores yang dijalankan langsung dilapangan 33

Gambar 3.4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian..... 34

Gambar 4.1 Hasil Pengolahan Data Lintasan Pertama menggunakan Software *res2divn*..... 37

Gambar 4.2 Hasil Pengolahan Data Lintasan Kedua menggunakan Software *res2divn*..... 37

Gambar 4.3Hasil Pengolahan Data Lintasan Ketiga menggunakan Software *res2divn*..... 38

Gambar 4.4 Hasil Pengolahan Data Lintasan Keempat menggunakan Software *res2divn*..... 38

Gambar 4.5 Hasil Pengolahan Data Lintasan Kelima menggunakan Software *res2divn*..... 39

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Gambar 4.6 Hasil Pengolahan Data Lintasan Pertama menggunakan Software *res2divn* 39

Gambar 4.7 Hasil Pengolahan Data Lintasan Pertama menggunakan Software *res2divn* 40

Gambar 4.8 Hasil Pengolahan Data Lintasan Pertama menggunakan Software *res2divn* 40

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Tabel Data Penelitian 51

2. Dokumentasi Penelitian 68

3. Peta Toografi Wilayah Sangiran 71

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Bangsa Indonesia terkenal sebagai suatu bangsa yang memiliki kekayaan seni budaya yang bernilai seni tinggi. Warisan budaya nasional itu ada yang berupa bangunan atau monumen, kesenian, naskah-naskah kuno, dan jenis-jenis budaya lainnya (Sumarsih,1985).

Salah satu kekayaan seni budaya yang bernilai seni tinggi adalah situs. Situs yang tersebar hampir di semua pulau besar di Indonesia. Situs-situs purbakala atau arkeolog pada umumnya ditemukan tanpa sengaja oleh warga sekitar yang sedang menggali tanah atau pada saat terjadinya hujan yang menyebabkan tanah sekitar terkikis, yang kemudian temuan tersebut dikaji dan dipelajari oleh ahli arkeologi atau badan pelestarian peninggalan purbakala.

Di Pulau Jawa sendiri ditemukan arkeologi di Sangiran Sragen Jawa Tengah. Sangiran awalnya memiliki area sekitar 48 km^2 namun karena mengalami perluasan menjadi 58 km^2 . Perluasan kawasan situs ini disebabkan masih banyak fosil manusia purba yang terpendam di permukaan tanah. Secara fisiografis Sangiran terletak pada zona Central Depression. Zona Central Depression zona dataran rendah yang terletak antara gunung api aktif,

yaitu gunung Merapi dan gunung Merbabu disebelah barat Sangiran serta Lawu disebelah timur Sangiran.

Secara administratif Sangiran terletak di Kabupaten Sragen (meliputi 3 Kecamatan yaitu Kecamatan Kalijambe, Gemolong, Plupuh) serta kecamatan Gondangrejo yang masuk wilayah Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Museum Sangiran induk terletak di desa Krikilan, kecamatan Kalijambe (±40 km dari Sragen atau ± 17 km dari Solo).

Situs Sangiran berada pada bentang *Solo Depression* yang dibatasi oleh Gunung Lawu di timur dan Gunung Merapi-Merbabu di barat, serta Pegunungan Kendeng di utara dan Pegunungan Sewu di selatan. Situs ini merupakan sebuah kubah yang dinamakan *Kubah Sangiran*. Secara geomorfologis, kubah Sangiran terbentuk oleh proses pengangkatan akibat tenaga endogen dan kemudian bagian puncak kubah terbuka melalui proses erosi, sehingga membentuk cekungan besar di pusat kubah yang diwarnai oleh perbukitan bergelombang. Pada cekungan itulah dapat ditemukan lapisan tanah yang mengandung informasi tentang kehidupan di masa lampau, ditinjau dari aspek paleoantropologis, paleontologis, geologis maupun arkeologis (Widianto dan Simanjuntak, 2009).

Para penduduk lokal yang mayoritas bermata pencaharian tani dan ladang sering menemukan fosil-fosil manusia purba ataupun berupa artefak-artefak secara tidak sengaja. Hal ini menunjukkan bahwa diperkirakan masih banyak fosil yang belum ditemukan di wilayah situs Sangiran. Namun dalam proses ekskavasi selanjutnya penduduk sekitar masih belum sesuai dengan

peraturan. Sehingga merusak struktur tanah bawah pemukaan,maka perlu dilakukan penelitian untuk mendeteksi lapisan bawah permukaan tanah. Penelitian menggunakan Geofisika metode Geolistrik konfigurasi Schlumberger. Kelebihan dari metode ini adalah mendeteksi adanya sifat homogen pada lapisan batuan bawah permukaan.

Menurut Priyanto,Sebagaimana dikutip oleh Kalmiawan *et al*.(2000) Salah satu metode gofisika yang dapat digunakan untuk memperkirakan keberadaan Arkeologi adalah metode geolistrik tahanan jenis (*Resistivity*). Metode ini merupakan salah satu metode geofisika yang dapat memberikan gambaran susunan dan kedalaman lapisan batuan, dengan mengukur sifat kelistrikan batuan. Survey geolistrik metode resistivitas mapping dan sounding menghasilkan informasi perubahan variasi harga resistivitas baik arah lateral maupun arah vertikal(Loke,1999). Metode ini dapat diterapkan dalam upaya mengetahui keberadaan Arkeologi yang kemungkinan masih terpendam di bawah permukaan sebagai sumber asal usul perluasan wilayah situs Sangiran. Permasalahan yang muncul dikatakan bahwa Arkeologi manusia purba memang ada. Tetapi lokasi tepatnya belum dapat ditentukan. Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai *"Pemetaan Situs Arkeologi Manusia Purba di Kawasan Sangiran Kalijambe Sragen Menggunakan Metode Geolistrik Shclumberger"* yang kiranya dapat memberikan gambaran pemetaan bawah permukaan dangkal yang berpotensi masih dapat ditemukan fosil-fosil manusia purba.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang diatas,maka dapat dirumuskan bagaimana resistivitas lapisan tanah bawah permukaan situs Sangiran yang diduga ditemukan fosil menggunakan nilai resistivitas suatu batuan dengan cara memetakannya.

1.3 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah penggunaan metode Geolistrik untuk menentukan resistivitas lapisan tanah bawah permukaan untuk menentukan batuan fosil manusia purba yang masih terpendam dengan metode Geolistrik konfigurasi Schlumberger,sebagai usaha pelacakan lapisan fosil di wilayah situs Sangiran berdasarkan nilai resitivitas batuan.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

1. Mempelajari daerah dan kondisi bawah permukaan tanah di situs Sangiran dengan menggunakan metode Geolistrik
2. Membuat penampang resitivitas lapisan tanah bawah permukaan untuk mengetahui sebaran lapisan batuan wilayah situs Sangiran yang masih terpendam dibawah permukaan tanah

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1.5 MANFAAT PENELITIAN

1. Bagi peneliti,mampu memahami dan menerapkan metode Geolistrik serta mengetahui keberadaan dari sebaran lapisan batuan fosil yang masih terpendam dibawah permukaan tanah.
2. Mampu memberikan sumbangan sebuah informasi,baik informasi geologi maupun informasi geolistrik khususnya dengan metode geolistrik konfigurasi schlumberger di situs Sangiran Kalijambe Sragen.
3. Mampu menunjang kemajuan ilmu pengetahuan terutama ilmu geofisika yang mengkaji penyebaran dan pelacakan situs manusia purba di wilayah Sangiran Kalijambe Sragen.
4. Turut serta Arkeolog dalam pencarian fosil-fosil manusia purba yang ada di Sangiran yang masih terpendam di bawah permukaan tanah.
5. Sebagai bahan pustaka dalam penelitian yang sama.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

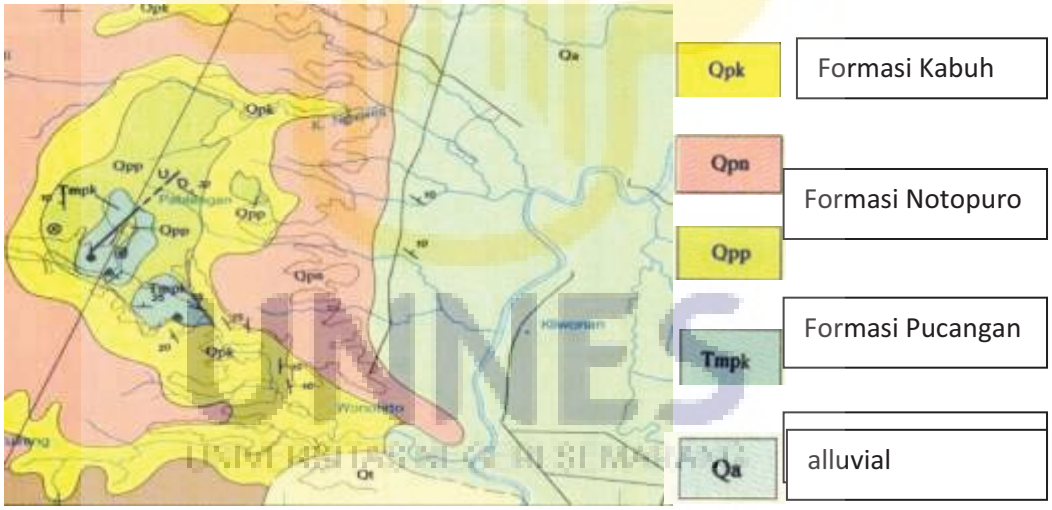
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Sekitar

Lokasi penelitian terletak di kawasan Situs Sangiran pada 110° 48’ 36’’ BT -110° 53’24’’ BT dan 7° 24’ 24’’ LS - 7° 30’42’’ LS. Di area sekitar museum-museum Lokasi penelitian tersusun dari formasi batuan. Adapun lapisan tanah yang tersingkap di wilayah Sangiran terbagi menjadi 4 lapisan (dari lapisan terbawah) yaitu Formasi Kalibeng, Formasi Pucangan, Formasi Kabuh, dan Formasi Notopuro.

Peta Geologi lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.1 Seperti berikut:



Gambar 2.1.Peta Geologi Lokasi Penelitian

2.2 Situs Arkeologi Sangiran

Situs adalah suatu wilayah yang menyimpan benda-benda peninggalan sejarah yang bermanfaat untuk penelitian, ilmu pengetahuan dan teknologi. Sangiran merupakan sebuah situs manusia purba terpenting di Indonesia, bahkan terkemuka di dunia karena termasuk salah satu dari sedikit situs hominid dunia. Letak Situs Sangiran berada 15 Km di sebelah utara Kota Solo. Luas Situs Sangiran meliputi empat wilayah administratif yaitu Kalijambe, Gemolong, danPlupuh yang masuk Kabupaten Sragen, serta wilayah Gondangrejo yang masuk Kabupaten Karanganyar (Simanjuntak, dkk.,1998).

Situs ini memiliki luas kurang lebih 56 km^2 dan banyak menyimpan peninggalan masa lalu berupa sisa-sisa kehidupan manusia purba, fosil fauna, fosil tumbuhan, artefak, dan data lapisan tanah yang terendapkan secara alamiah tidak kurang dari 2 juta tahun silam yang merupakan sumber ilmu pengetahuan untuk memahami kehidupan masa lalu. Besarnya potensi kandungan Situs Sangiran yang sangat signifikan bagi pemahaman evolusi manusia, lingkungan, dan budayanya selama 2 juta tahun tanpa terputus, membuat situs ini ditetapkan oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia sebagai cagar budaya tahun 1977, dan bahkan pada tahun 1996 mendapatkan pengakuan dunia sebagai situs yang terdaftar dalam World Heritage List (Warisan Budaya Dunia) UNESCO nomor C593 pada tahun 1996 dengan nama The Sangiran Early man Site.

Prestasi Sangiran yang mendunia ini tidak dapat dilepaskan dari kerja keras para peneliti. G.H.R. Von Koenigswald merupakan orang pertama yang menemukan Situs Sangiran pada tahun 1934 berdasarkan penemuan alat-alat

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

serpih di Desa Ngebung. Dua tahun kemudian ditemukan fosil manusia purba yang kelak dikemudian hari dinamakan Homo Erectus.

Situs Sangiran berada pada bentang Solo Depression yang dibatasi oleh Gunung Lawu di timur dan Gunung Merapi-Merbabu di barat, serta Pegunungan Kendeng di utara dan Pegunungan Sewu di selatan. Situs ini merupakan sebuah kubah yang dinamakan Kubah Sangiran. Secara geomorfologis, kubah initerbentuk oleh proses pengangkatan akibat tenaga endogen dan kemudian bagian puncak kubah terbuka melalui proses erosi, sehingga membentuk cekungan besar di pusat kubah yang diwarnai oleh perbukitan bergelombang. Pada cekungan itulah dapat ditemukan lapisan tanah yang mengandung informasi tentang kehidupan di masa lampau, ditinjau dari aspek paleoantropologis, paleontologis, geologis maupun arkeologis. (Widianto dan Simanjuntak, 2009).

Kekayaan jejak kehidupan purba di Sangiran mulai terungkap sejak tahun 1931 ketika van Koenigswal melakukan penelitian di Sangiran. Penemuan-penemuan fosil di Sangiran sebagai akibat dari tersingkapnya Kubah Sangiran. Awal mulanya terbentuknya Kubah Sangiran, yaitu selama kurun waktu 2 juta tahun, Sangiran telah mengalami perubahan lingkungan. Melalui proses geologi berupa pergeseran lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan perubahan muka air laut. Sangiran setidaknya telah mengalami tiga perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan laut menjadi lingkungan rawa, dan kemudian berubah menjadi lingkungan daratan seperti sekarang ini. Informasi perubahan lingkungan ini diperoleh dengan mencermati lapisan-lapisan tanah yang ada di Sangiran, Erosi yang terjadi di puncak kubah pada tahap selanjutnya telah memberikan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

singkapan-singkapan tanah, sehingga lapisan-lapisan tanah purbanya dapat ditemukan dipermukaan tanah sekarang. Sisa-sisa kehidupan masa lalu berupa fosil manusia dan binatang, serta alat- alat batu sebagai aspek budaya mereka kemudian bermunculan di permukaan tanah.

Di Situs Sangiran terekam rangkaian lapisan litologi yang lengkap serta berkelanjutan mulai sejak akhir Kala Pliosen Atas hingga lapisan resen. Mulai dari formasi Kalibeng yang tertua berumur sekitar 2,4-1,8 Juta tahun berupa lempung biru dari lingkungan laut dalam. Diatasnya adalah formasi Pucangan yang berasal dari Kala Plestosen Bawah berumur 1,8-0,73 Juta tahun berupa lahar serta endapan lempung hitam berfasies vulkanik dan rawa. Disusul oleh formasi kabuh yang berasal dari Kala Plestosen Tengah berumur 0,73-0,20 Juta tahun berupa endapan pasir fluvio-volkanik yang mencerminkan lingkungan daratan. Setelah itu adalah formasi Notopuro yang berasal dari Kala Plestosen Akhir berumur 0,25-0,12 Juta tahun berupa lahar dan pasir- gravel fluvio-volkanik. Di bagian paling atas Situs Sangiran berupa endapan resen alluvial Kali Cemoro, Brangkal dan Pohjajar.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.3. Penemuan Fosil di Sangiran

Fosil adalah semua benda organikseperti tulang manusia,tulang binatang,atau tumbuhan yang terawetkan karena telah mengalami prosses fosilisasi. Fosilisasi yaitu proses bergantinya zat organik(tulang,gigi,kayu) menjadi zat anorganik yang berupa mineral(misalkan silika maupun oksida besi),yang berasal dari tanah pengendapannya. Dalam proses fosilisasi ini,unsur-

unsur organik dari tulang atau kayu akan terurai dalam waktu dan digantikan oleh mineral-mineral tersebut,sehingga menjadi semakin berat,keras,dan sering berubah warna sesuai dengan warna mineralnya. Pada saat semua zat organik telah berganti menjadi mineral maka sepotong tulang atau kayu tersebut disebut sebagai fosil. Dalam proses fosilisasi ini bentuk asli (struktur) tetap bertahan,akan tetapi komposisi tulang (tekstur) telah berubah menjadi mineral dan membatu. Semua tulang atau kayu mempunyai peluang untuk menjadi fosil,tetapi bisa tidaknya tulang atau kayu tersebut menjadi fosil tergantung pada materi pengendapnya. Jika materi pengendapnya banyak mengandung mineral batuan,misalkan silika dan besi,maka materi organik tersebut mempunyai peluang untuk menjadi fosil.(Widianto,2012)

Di antara situs-situs Plestosen di Kepulauan Nusantara, Pulau Jawa merupakan satu-satunya tempat penemuan fosil manusia purba di Indonesia. Sejak penemuannya yang pertama kali di Trinil tahun 1891, hingga penemuan fragmen cranial manusia bagian belakang sebelah kiri pada endapan grenzbank di Glagahombo tahun 2005, tercatat telah lebih dari 110 individu manusia purba dihasilkan oleh berbagai endapan purba di seluruh penjuru Pulau Jawa (Widianto, 2006). Tidak diragukan lagi, lokasi penyumbang terbesar koleksi tersebut adalah Sangiran dan bahkan hingga tahun 2009 di lokasi ini telah ditemukan lebih dari 100 individu manusia purba yang juga berarti mewakili lebih dari 50 % populasi temuan Homo erectus di dunia (Widianto, 2009). Potensi tersebut menjadikan Sangiran sebagai lokasi penemuan fosil Homo erectus yang paling signifikan di muka bumi. Widianto telah melakukan studi perbandingan karakter morfologi dan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

biometric serta relevansinya dengan data stratigrafis, mencakup seluruh koleksi tengkorak Homo erectus dari Jawa yang pernah ditemukan hingga tahun 1998 menyimpulkan bahwa terdapat tiga tahapan evolusi Homo erectus di Jawa dari yang paling arkaik hingga progresif yaitu kelompok kekar (Homo erectus archaic), kelompok Trinil-Sangiran (Homo erectus typical) dan kelompok Ngandong (Homo erectus progressif). Kelompok kekar berasal dari Formasi Pucangan yang berumur Plestosen Bawah sekitar 1,5-1 Juta tahun, kelompok Trinil-Sangiran berasal dari Formasi Kabuh bawah dan tengah berumur Plestosen Tengah rentang 0,9-0,3 Juta tahun, sedangkan kelompok Ngandong berasal dari Ngandong, Sambungmacan dan Ngawi berumur antara 0,2-0,1 Juta tahun (dalam Noerwidi dan Siswanto, 2013).

Sangiran 17, atau sering disebut S17 adalah temuan fosil tengkorak Homo erectus paling terkenal di dunia karena temuan ini relatif lengkap sehingga wajah Homo erectus dapat direkonstruksi secara utuh. Duplikasi S17 ditemukan hampir di berbagai museum prasejarah utama di dunia. Bentuk muka Homo erectus, dahi sangat datar, tulang kening menonjol, orbit mata persegi, pipi lebar menonjol, mulut menjorok ke depan, tengkorak pendek memanjang. Berdasarkan morfologi tengkorak S17 adalah individu laki-laki dewasa, yang hidup di Sangiran pada saat Sangiran didominasi lingkungan sungai yang luas sekitar 700.000 tahun yang lalu (Harmadi,2012).

Homo erectus yang ditemukan di Sangiran dibedakan menjadi dua jenis yakni, Homo erectus arkaik (1,5 – 1 juta tahun lalu) dan Homo erectus tipik (0,9 – 0,3 juta tahun lalu). Jika diihat daerah yang lebih luas lagi, terdapat Homo erectus

progresif yang hidup antara 0,2 hingga 0,1 juta tahun silam di Ngandung (Blora), Sambungmacan (Sragen), dan Selopuro (Ngawi). Penjelasan mengenai jenis-jenis Homo erectus ini sebagai berikut:

1. Homo erectus arkaik

Memiliki ciri fisik yang paling kekar, dengan geligi yang kuat. Tengkoraknya tebal kadang mencapai 1,2 cm pada bagian parietal, volume otak sekitar 850 cm.

2. Homo erectus tipik

Ciri fisiknya tidak sekekar jenis arkaik, volume otaknya rata-rata 1.000 cc, tengkoraknya lebih ramping dan tinggi dengan atap tengkorak yang lebih bulat, gigi geliginya juga lebih kecil.

3. Homo erectus progresif

Jenis Homo erectus yang paling maju dan yang aling akhir hidup di Jawa sebelum mereka punah pada 100.000 tahun yang lalu. Tengkoraknya paling tinggi dan bulat dibanding dua jenis pendahulunya, dengan kapasitas otak 1.100 cc. Homo erectus di Sangiran telah membuat berbagai macam alat-alat dari batu dengan berbagai ukuran. Artefak-artefak batu tersebut di dominasi oleh jenis alat-alat serpih yang kecil sekitar 2-4 cm, tipis, dan tajam yang sebagaian besar dibuat dari batuan kalsedon. Dominasi alat serpih tersebut menyebabkan sebutan yang terkenal yaitu “Industri Serpih Sangiran” (Sangiran Flakes Industry). Jenis alat serpih ini ditemukan di setiap tingkatan perlapisan tanah, mulai dari 1,2 – 0,2 juta tahun yang lalu. Selain itu juga ditemukan alat-alat yang lebih besar, umumnya dibuat dari batu andesit kersikan, berupa kapak penetak, kapak perimbas, kapak

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

genggam, dan bola batu. Alat tulang berupa penusuk yang dibuat dari tulang-tulang binatang besar juga sering ditemukan.

Selain jenis Homo erectus, pada awalnya di Sangiran banyak ditemukan fosil fauna. Sebagian besar fosil ditemukan pada lapisan Plestosen, yang terdiri dari fauna mamalia (kebanyakan herbifora), dan juga reptilia. Fosil gigi buaya merupakan jejak vertebrata tertua di Sangiran yang berasal dari formasi Pucangan. Lapisan ini tidak terlalu kaya akan fosil seperti lapisan Kabuh di atasnya, karena lingkungan pengendapannya tidak kondusif untuk preservasi fosil dengan baik. Lapisan Grenzbank yang berada ditengahnya merupakan campuran antara komponen laut dan fragmen materi hasil erosi dari pegunungan disekitarnya. Karakter fosil tulang mamalia yang berada pada lapisan ini ditemukan dalam kondisi tertutup material konkresi (Noerwidi dan Siswanto, 2013: 6).

Berdasarkan hasil penelitian Bouteaux dalam Noerwidi dan Siswanto (2013) mengenai paleontologi kubah Sangiran pada Plestosen Tengah, dapat diketahui kondisi lingkungan purba pada masa tersebut. Jejak fauna dari Tanjung, Grogol, Bukuran, Ngrejeng dan Sendangbusik mengindikasikan bahwa dalam kronologi masa pembentukan formasi Kabuh, manusia purba tinggal di lingkungan hutan terbuka (savana) yang dekat dengan sumber air (sungai) yang cukup besar. Fauna Bukuran merepresentasikan lingkungan air, fauna Grogol-Tanjung 82 dan Ngrajeng- Sendangbusik merepresentasikan lingkungan dataran banjir di kedua sisinya, sedangkan fauna Tanjung 63-64 merepresentasikan lingkungan hutan terbuka. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan pendapat Belwood (2000) yang menempatkan hominid Sangiran dalam lingkungan mosaik.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Perubahan iklim yang cukup signifikan memungkinkan migrasi mamalia ke pulau Jawa, khusus Sangiran. Pada saat itu, ada cukup ruang terbuka yang memiliki sumber air untuk mendukung kehidupan mamalia dan Homo erectus.

2.4. Tanah Lempung

Menurut Grim yang dikutip oleh Hardiyatmo tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengna air. Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron (=2μ), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain,disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut lempung saja.Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid (<1μ) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Seperti tertera di tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi unsur kimia pada tanah lempung(Lab kimia FMIPA USU,2011)

Unsur/senyawa	Lempung(%)
Silica (SiO2)	75,40
Kalsium Oksida (CaO)	0,70
Magnesium Oksida (MgO)	0,71
Besi Oksida (Fe2O3)	0,01
Aluminium Karbonat (Al2O3)	14,10

2.5.Metode Geolistrik

2.5.1 Geolistrik Resistivitas

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya dipermukaan bumi. Menurut Hendrajaya, sebagaimana dikutip oleh Nugraini (2013 : 15), Tujuan dari metode ini adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitasatauresistivitas).Metode ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah (*Direct Current*) yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan dibawah titik ukur *(sounding point).*

Metode ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 feet

atau 1500 feet.Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoar air, juga digunakan dalam eksplorasi geothermal.Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda potensial dan arus, dikenal beberapa jenis metoda resistivitas tahanan jenis, antara lain: Metoda *Schlumberger*, Metode *Wenner*, dan Metoda *Dipole Sounding*.

Menurut Waspodo, sebagaimana dikutip oleh Nurhidayah (2011 : 14), berdasarkan tujuannya, cara pengukuran resistivitas terdiri dari dua yaitu:

1. Metode Resistivitas *Sounding* (Pendugaan secara Vertikal)

Metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan secara vertikal.Pada prakteknya, spasi elektroda (arus dan potensial) diperbesar secara bertahap sesuai dengan konfigurasi elektroda yang digunakan.Semakin panjang bentangan jarak elektrodanya, maka semakin dalam pula batuan yang dapat dideteksi, walaupun masih dalam batas-batas tertentu.

2. Metode Resistivitas *Mapping* (Pendugaan secara Horizontal)

Metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan secara horizontal. Pada prakteknya, spasi elektroda (arus dan potensial) dibuat sama untuk semua titik di permukaan bumi. Hasil dari pengukuran ini biasa dijadikan sebagai peta kontur berupa sebaran nilai resistivitasnya.

2.5.2 Rumus- rumus dasar listrik

Dalam mendeteksi batuan penyusun di suatu daerah berdasarkan sifat kelistrikan batuan penyusunnya dengan metode geolistrik, rumus dasar yang digunakan adalah:

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Resistansi $R = V/I$ dalam Ω

Resistivitas $\rho = E/J$ dalam Ωm

Konduktivitas $\sigma = 1/\rho$ dalam $(\Omega m)^{-1}$

Keterangan :

V : beda potensial 2 buah titik (volt)

I : besar arus listrik yang mengalir (ampere)

E : medan listrik (volt/meter)

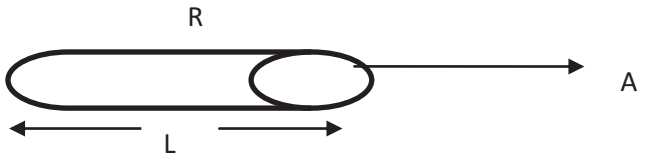
J : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

2.5.3 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 dieletrik (Telford, 1990).

a. Konduksi secara elektronik

Konduksi elektronik terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak electron -elektron bebas tersebut.Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya.Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas.Sebagai contoh pengukuran resistivitas pada silinder konduktor.seperti gambar 2.2:



Gambar 2.2. Silinder Konduktor

$$\text{Resitivitas}\rho = \frac{RA}{L}$$

Silinder konduktor dengan panjang L, luas penampang A, dan resistansi R, medan listrik yang ditimbulkan oleh beda tegangan$V$ dirumuskan dengan :

$$E = \frac{V}{L} \tag{2.1}$$

Tahanan yang muncul dirumuskan dengan :

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \tag{2.2}$$

Menurut hukum Ohm, resistansi Rdirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \tag{2.3}$$

Dimana ρ adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam $\Omega m, R$ adalah resistivitas $(\Omega), V$ adalah beda potensial $(volt)$, I adalah kuat arus $(ampere)$.

Didapatkan nilai resistivitas (ρ)

$$\rho = \frac{VA}{IL} \tag{2.4}$$

Sifat konduktivitas (σ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right)\left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \tag{2.5}$$

Dimana J adalah rapat arus (ampere/m²) dan E adalah medan listrik (volt/m).

b. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Pada kenyataannya batuan bersifat porus dan memiliki pori - pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan – batuan tersebut

menjadi konduktor elektrolitik. 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.

Berdasarkan rumus Archie:

$$\rho_e = a\emptyset^{-m}S^{-n}\rho_m$$

Dimana$\rho_e$adalah resistivitas batuan, $\emptyset$ adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air, ρ_m adalah resistivitas air, dan a, m, n adalah konstanta.

c. Konduksi secara dielektrik

Kondukdi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Adanya pengaruh medan listrik dari luar, elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik masing – masing batuan yang bersangkutan.

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan atau mineral digolongkan menjadi tiga yaitu:

Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1$ Ωm

Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^{7}$ Ωm

Isolator : $\rho > 10^{7}$ Ωm

2.5.4 Potensial dalam Medium Homogen

Apabia suatu medium homogen dialiri listrik dengan rapat arus $\boldsymbol{J}$ dan kuat medan listrik $\boldsymbol{E}$ (Telford, 1990),maka menurut Hukum Ohm :

$$\boldsymbol{J} = \sigma \boldsymbol{E} \tag{2.6}$$

Dengan $\boldsymbol{E}$ dalam volt/meter, ρ adalah resistivitas medium, medan listrik $\boldsymbol{E}$ merupakan gradient dari potensial scalar yang ditulis sebagai berikut :

$$\boldsymbol{E} = -\nabla V \tag{2.7}$$

Dengan memasukan persamaan (2.4) ke dalam persamaan (2.5) diperoleh :

$$\boldsymbol{J} = -\sigma \nabla V \tag{2.8}$$

Dari persamaan $V.\boldsymbol{J} = 0$,jadi

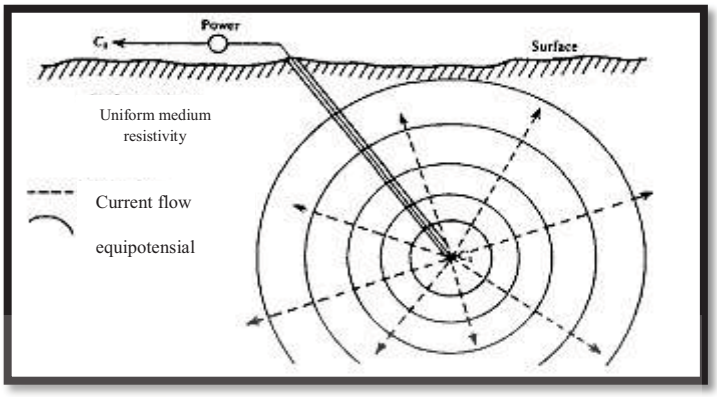
$$\nabla.(\sigma \nabla V) = 0 \tag{2.9}$$

Jika konduktivitas listrik medium (σ) bernilai konstan, sehingga diperoleh persamaan laplace, yaitu :

$$\nabla^2 V = 0 \tag{2.10}$$

2.5.5 Titik Arus didalam Bumi

Apabila arus searah dimasukan melalui elektroda arus dan keluar secara radial dari titik arus menyebar ke segala arah dengan besar yang sama, elektroda dapat dipandang sebagai sebuah sumber arus yang berbentuk titik. Maka, penyebaran arus pada tanah yang homogen isotropis mempunyai simetri bola. Seperti pada gambar 2.3 sebagai berikut .



Gambar 2.3.Sumber arus didalam medium homogen (Telford *et al.,* 1990)

Dari sistem simetripada gambar 2.3 jika arus diinjeksikan dari sebuah elektrodaterhadap medium yang homogen isotropis, potensialnya merupakan fungsi jarak *r*, dimana *r* adalah jarak dari elektroda. Maka persamaan Laplace dalam sistem koordinat bola dapat disederhanakan menjadi :

$$\nabla^2 V = \frac{d^2V}{dr^2} + \frac{\left(\frac{2}{r}\right)dV}{dr} = 0 \qquad (2.11)$$

Dengan mengalikan r^2, karena anggapan homogeny isotropis maka persamaan (2.11) diintegralkan, diperoleh :

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \qquad (2.12)$$

Sehingga diperoleh :

$$V = -\frac{A}{r} + B \qquad (2.13)$$

Dengan A dan B adalah konstanta. Pada *V=0,* $r = \infty$, sehingga *B=0* didalam bumi arus mengalir secara radial dari titik arus, sehingga jumlah arus yang keluar lewat permukaan bola adalah :

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi\sigma A$$

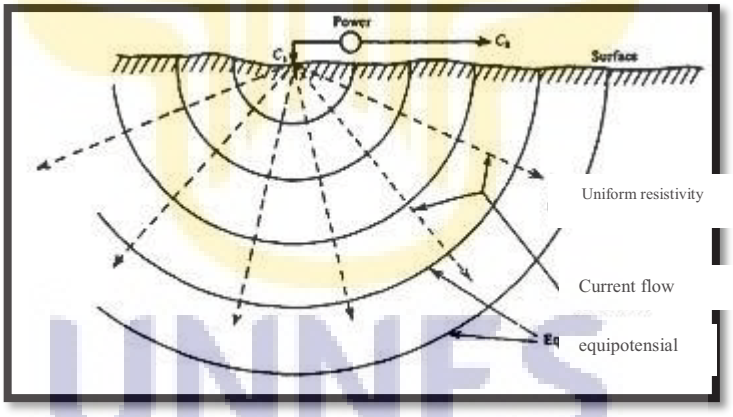
apabila, $\sigma = \frac{1}{\rho}$, maka $I = -4\pi\frac{A}{\rho}$, sehingga $A = -\frac{1\rho}{4\pi}$

dari persamaan $J = -\sigma\nabla V$ dan $\frac{dv}{dr} = \frac{A}{r^2}$,sehingga diperoleh :

$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right)\frac{1}{r} atau \rho = \frac{4\pi r V}{I} \quad (2.14)$$

2.5.6 Titik Arus Pada Permukaan Bumi

Jika titik yang mengalirkan elektroda arus *I*terletak pada permuaan bumi homogen isotropis dan diatas permukaan bumi memiliki konduktivitas nol, maka permukaan yang dilalui arus *I*adalah permukaan setengah lingkaran, seperti pada gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4. Titik arus di permukaan bumi pada medium yang homogen

(Telford, *et al.,* 1990)

Permukaan yang dilalui arus *I*adalah setengah bola sehingga :

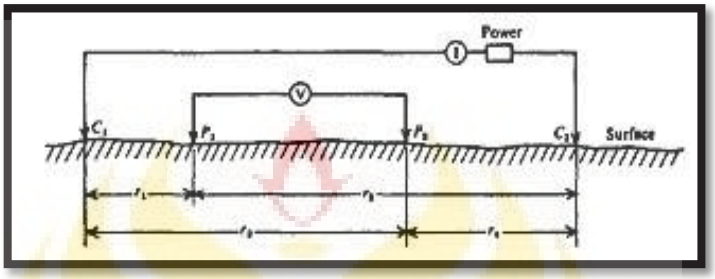
$$A = -\frac{I\rho}{4\pi}$$

Maka dieroleh :

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right)\frac{1}{r} atau \rho = \frac{2\pi r V}{I} \quad (2.15)$$

2.5.7 Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi

Apabila jarak antara dua elektroda tidak terletak di tempat yang jauh tak hingga (gambar 2.5), maka potensial yang berada sekitar permukaan akan terpengaruh oleh kedua elektroda tersebut.



Gambar 2.5.Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial di permukaan padahomogen isotropis (Telford, *et al*., 1990)

Berdasarkan gambar (2.5), potensial pada titik P_1 yang disebabkan oleh arus dari elektroda C_1adalah :

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} dengan A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

Potensial pada titik P_2 yang disebabkan oleh elektroda C_2adalah :

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \text{dengan} A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1$$

Sehingga, diperoleh :

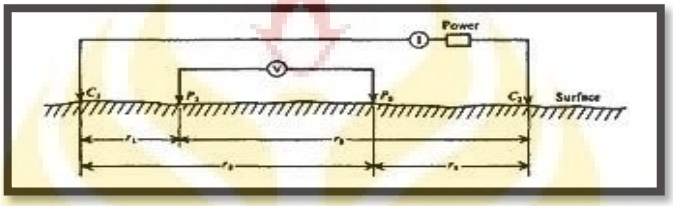
$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Sehingga beda potensial (ΔV) antara titik $P_1 dan P_2$adalah :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left\{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right\} \quad (2.16)$$

2.5.8 Konfigurasi Schlumberger

Pada alat *Resistvity Multi-Channel* terdapat pengaturan konfigurasi yang diinginkan, alat tersebut otomatis muncul opsi *schlumberger* dan *wenner*.Menggunakan konfigurasi Schlumberger (Gambar2.6), injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus (C_1C_2) dan mengukur respon formasi batuan bawah permukaan pada elektroda potensial (P_1P_2).



Gambar 2.6. Susunan Elektroda Schlumberger(Telford, 1990)

Untuk memperoleh informasi yang lebih dalam, pengukuran dilakukan dengan memperbesar spasi elektroda. Data yang diperoleh berupa arus (*I*dalam *ampere*) dan beda potensial (ΔV dalam *volt*), dengan mengetahui nilai beda potensial dan arus listrik maka nilai tahanan jenis perlapisan batuan bawah permukaan dapat diprediksi. Hubungan antara tahanan jenis, beda potensial dan arus listrik yang terukur memenuhi persamaan:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left\{\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)\right\}$$

$$\rho = 2\pi\left\{\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)\right\}^{-1}\frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho = K\frac{\Delta V}{I} \qquad (2.17)$$

Data yang dihasilkan dari kegiatan pengukuran tahanan jenis, selanjutnya inversi data ke Res2Dinv dan Res3Dinv untuk menghasilkan model kondisi

dibawah permukaan. Untuk mengetahui jenis-jenis batuan yang ada pada masing - masing titik disesuaikan dengan besar kecilnya nilai tahanan yang dimiliki serta data geologi pada daerah penelitian.

Res2DinV adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model *resistivity* 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari data hasil survey geolistrik.Model 2D menggunakan program inversi dengan teknik optimasi *least-square* non linier dan *subroutine* dari permodelan maju digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu(Geotomo, 2008).

2.5.9 Resistivitas

a. Resistivitas Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada $10^{-8}\Omega$mhingga $10^{7}\Omega$m. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari 1,6 x $10^{-8}\Omega$m (perak asli) hingga $10^{16}\Omega$m(belerang murni).

Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida.Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantarkan listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik.Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2Variasi material bumi (Loke, 1999)

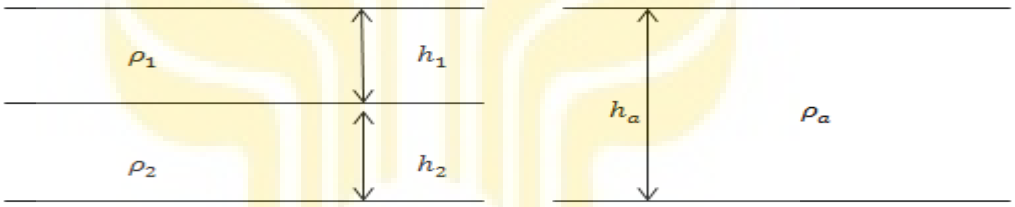
Material	Resistivity (Ωm)
Igneous and Metamorphic Rocks	
Granite	$5x10^3 – 10^6$
Basalt	$10^3 – 10^6$
Slate	$6x10^2 – 4x10^7$
Marble	$10^2 – 2.5x10^8$
Quartzite	$10^2 – 2x10^8$
Sedimentary Rocks	
Sandstone	$8 – 4x10^3$
Shale	$20 – 2x10^3$
Limestone	$50 – 4x10^2$
Soil and waters	
Clay	1 – 100
Alluvium	10 – 800
Groundwater (fresh)	10 – 100
Sea water	0.2
Chemicals	
Iron	$9.074x10^{-8}$
0.01 M Potassium chloride	0.708
0.01 M Sodium chloride	0.843
0.01 M acetic acid	6.13
Xylene	$6.998x10^{16}$

Harga tahanan jenis batuan tergantung macam-macam materialnya,densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, kualitas dan suhu, dengan demikian tidak ada kepastian harga tahanan.Jenis untuk setiap macam batuan pada akuifer yang terdiri atas material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan air tanahnya atau makin besar kandungan garamnya (misal air asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga harga tahanan jenis akan kecil.

b. Resistivitas Semu

Dengan menganggap bumi bersifat homogen isotropik, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda, namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan ρyang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut.

Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar 2.7 Konsep resistivitas semu

Anggapan medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran medium ini dianggap medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu (ρ_a).

BAB 5

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian dengan metode geolistrik di daerah sekitar kawasan Sangiran dapat disimpulkan bahwa hasil pemodelan data geolistrik menggambarkan struktur bawah permukaan daerah situs Sangiran tersusun oleh 4 jenis batuan yang berbeda. Batuan pertama berupa batu rijang dengan kisaran nilai resistivitas $< 0{,}512\ \Omega m$ batuan kedua merupakan tanah lempungan dengan rentang nilai resistivitas 0,512-1,18 Ωm. Batuan ketiga merupakan lempungan dengan rentang nilai resistivitas 1,18-2,97Ωm. Sedangkan batuan keempat berupa batu lanauan dengan kisaran resistivitas 2,97-14,8 Ωm.

Keberadaan fosil diindikasikan terdapat disemua lokasi penelitian dengan kedalaman lapisan tanah lempungan paling dalam sekitar 20 m dan paling dangkal 2,5 m,dikarenakan di semua lintasan terdapat tanah lempung,dimana tanah lempungan ini mengandung Silika dan besi. Silika dan besi merupakan zat mineral penyusun Fosil.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

5.2. Saran

Hasil penelitian menggunakan metode geolistrik ini belum dapat menjelaskan dimana letak fosil secara pasti,hanya pendugaan lapisan yang terdapat fosil yaitu di lapisan tanah lempungan. Hal ini dikarenakan resistivitas alat geolistrik pada resis fosil yang kurang mendukung sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode geofisika lainnya .

DAFTAR PUSTAKA

Griffiths, D.J. 1999. *Introduction to Electrodynamisc.* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Harmadi., Rahardjo, Mugi., dan Agung, Wahyu. (2012). *Faktor-faktor Percepatan Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat di Kawasan Sangiran*. Surakarta:UNS (Laporan Penelitian Dosen Fakultas Ekonomi).

Howell,F.C.1977,*Manusia Purba*,Tira Pustaka-Jakarta

Hardiyatmo.1999.*Mengenal Tanah Liat atau Lempung*.Medan:Universitas Sumatra Utara.

Hendrajaya, L. 1993. *Pengukuran Resistivitas Bumi pada Satu Titik di* Medium *Tak Hingga.*Bandung.

Kalmiawan, P., Sismanto, A. & Suparwoto. 2000. *Survey ofresistivity method to investigate the Krakal Hot Spring inDesa Krakal, Kec. Alian, Kab. Kabumen, Prop. JawaTengah*. Bandung: Prosiding PIT HAGI ke-25.

Kartodirdjo,et.al.1975.*Sejarah Nasional Indonesia Jilid I*. Jakarta: Departemen Pendidikandan Kebudayaan.

Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Survei for Environmental and Engginering Studies*. Malaysia.

Noerwidi, S. Dan Siswanto. 2007. Perbandingan Karakter Dua Situs Plestosen Di Jawa. Pustaka Balai Arkeologi Yogyakarta.

Nugraini, S.F. 2013.*Metode Geolistrik Dalam Pendugaan Posisi Akuifer Air Tanah Di Desa Gogodalem, Kecamatan Bringin, Kabupaten Semarang.*Skripsi.Semarang:FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Sukardi & Budhitrisna.T. 1992. *Peta Geologi Bersistem Indonesia: Lembar Salatiga, Jawa* [peta geologi]. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1 lembar.

Simanjuntak, T. 2005. New Insight on the Tools of the *Pithecanthropus*", dalam Truman Simanjuntak, dkk. ed., *Sangiran: Man, Culture, and Environment in Pleistocene Times*, pp. 154-170. Jakarta: YOI

Sumarsih,1985.*Risalah Sejarah dan Budaya.Seri Terjemahan Naskah Kuno*.Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.Direktorat Jendral Kebudayaan.Balai Kajian Sejarah dan Nilai Tradisional.Yogyakarta.

Susetyo Edy Y.2009.*Laporan Akhir Pengadaan Peta Digital Tata Guna Lahan Situs Sangiran.*Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran.

Telford, W.M., L.P. Geldart,& R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

Untung, M. & Y. Sato. 1978. *Gravity and Geological Studies in Java Indonesia.*

Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology Of Indonesia*. Vol.IA. Martinus Nijhoff, The Hague, Nederland.

Widianto,H. & Bimas, I.S.2012.*Sangiran Situs Prasejarah Dunia*. Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran.

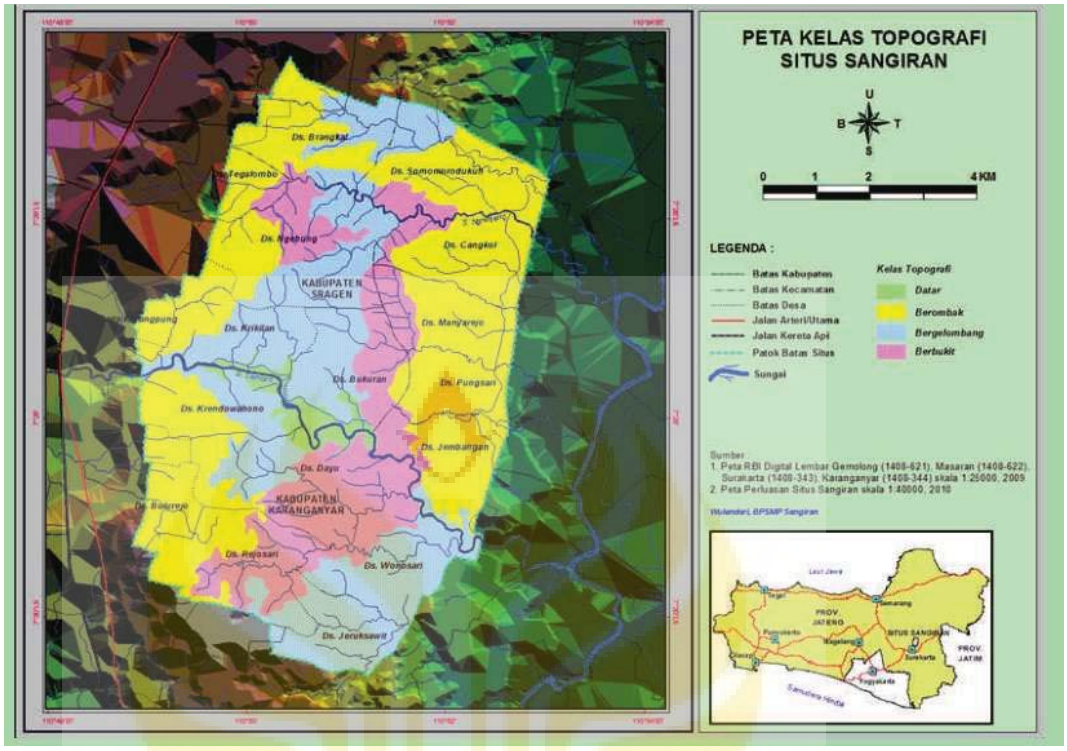
Widianto, Harry, retno Handini dan Bagyo prasetyo. 2005. *Dormasi Pucangan di Dayu Refleksi Kehidupan Homo erectus*. Laporan Penelitian Arkeologi, Jakarta: Puslitbang Arkenas.

Widianto H, dan T. Simanjuntak, 2009. *Sangiran Menjawab Dunia, Balai Pelestarian situs Manusia Purba Sangiran.* Sangiran: BPSMP.

Wulandari, 2012. Topografi Situs Sangiran. *Jurnal Sangiran,1*. Sangiran: BPSMP

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

3.Peta Topografi



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG