



**INVESTIGASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI LERENG
GUNUNG RAUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GPR
(GROUND PENETRATING RADAR)**

SKRIPSI

Oleh

**Helmi Diana
NIM 091810201026**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**INVESTIGASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI LERENG
GUNUNG RAUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GPR
(GROUND PENETRATING RADAR)**

SKRIPSI

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains**

Oleh

**Helmi Diana
NIM 091810201026**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dengan penuh rasa cinta, syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta Ibu Suparmi dan Bapak Miswandi yang senantiasa memberikan doa dan restu kepada ananda dengan segenap kasih sayang selama ini;
2. Kakakku tersayang Abdul Hadi dan Siti Choeriyah yang selalau memberiku semangat dan motivasi selama ini;
3. Nenek dan kedua keponakanku tercinta yang senantiasa mendoakanku selama ini;
4. Andrew Setyawan yang selalu memberikan rasa sayang, cinta kasih, doa dan semangat;
5. Seluruh keluarga besar di Trenggalek yang telah memberikan doa dan nasehat yang sangat berguna bagi ananda;
6. Teman-teman seperjuangan angkatan 2009 yang telah memberikan keceriaan, semangat dan doa selama ini;
7. Teman-teman satu kos yang senantiasa memberikan kebahagiaan dan dorongan serta doa selama ini.

MOTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”
(Terjemahan QS. Al-Insyirah ayat 6-8)^{*)}



^{*)}Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al'Quran dan Terjemahannya*. Bandung : PT Syaamil Cipta Media.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Helmi Diana

NIM : 091810201026

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Investigasi Struktur Bawah Permukaan Di Lereng Gunung Raung Dengan Menggunakan Metode GPR (Ground Penetrating Radar)*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2016

Yang menyatakan,

Helmi Diana

091810201026

SKRIPSI

**INVESTIGASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI LERENG
GUNUNG RAUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GPR
(*GROUND PENETRATING RADAR*)**

Oleh

Helmi Diana
NIM 091810201026

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Investigasi Struktur Bawah Permukaan Di Lereng Gunung Raung Dengan Menggunakan Metode GPR (*Ground Penetrating Radar*)” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua	Sekretaris
Dosen Pembimbing Utama	Dosen Pembimbing Anggota
Nurul Priyantari, S.Si., M.Si. NIP. 19700327199722001	Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si. NIP. 19741215202121001
Anggota I	Anggota II
Ir. Misto, M.Si NIP. 195911211991031002	Endhah Purwandari, S.Si., M.Si NIP. 198111112005012001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP.196102041987111001

RINGKASAN

Investigasi Struktur Bawah Permukaan Di Lereng Gunung Raung Dengan Menggunakan Metode GPR (*Ground Penetrating Radar*); Helmi Diana, 091810201026; 2016; 49 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gunung Raung adalah salah satu gunung aktif yang ada di Indonesia. Secara geografis, Gunung Raung terletak di tiga wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Jember, Banyuwangi dan Bondowoso. Gunung Raung pernah mengalami beberapa kali letusan yang sangat dahsyat. Hasil letusan Gunung Raung tersebut membentuk formasi bukit atau gumuk yang berjumlah ribuan di Kabupaten Jember. Keberadaan gumuk di Jember banyak dimanfaatkan untuk kepentingan pertambangan, hal ini terjadi karena unsur utama dari gumuk yang berada di Jember adalah batuan, dimana gumuk tersebut berasal dari lontaran gunung berapi. Gumuk sendiri masuk dalam kategori pertambangan galian C dengan muatan seperti batu piring, pasir dan batu pondasi. Salah satu gumuk yang dimanfaatkan untuk penambangan adalah gumuk yang berada di Desa Sumberwringin Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember. Di daerah tersebut terdapat gumuk yang banyak dimanfaatkan oleh warga untuk pertambangan. Dengan memanfaatkan konstanta dielektrik dan kecepatan gelombang suatu material, jenis batuan yang terdapat pada gumuk tersebut dapat diketahui.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan di lereng Gunung Raung dan juga untuk mengetahui apa saja jenis batuan di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR (*Ground Penetrating Radar*). Pengukuran dilakukan pada 21 lintasan di empat lokasi yang berbeda. Lokasi pertama sampai ketiga di daerah gumuk yang sudah ditambang dan lokasi keempat di daerah gumuk yang belum ditambang. Proses pengambilan data dengan

memancarkan gelombang elektromagnetik ke bawah permukaan, sehingga nantinya akan didapatkan data berupa nilai konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) dan kecepatan gelombang (v).

Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan *Software Future Series 2005- Visualizer 3D* untuk mendapatkan gambar citra struktur bawah permukaan pada daerah penelitian. Hasil yang didapatkan secara umum menunjukkan bahwa nilai konstanta dielektrik tanah dan batuan pada lokasi penelitian berkisar antara 3-6. Pencitraan bawah permukaan pada 21 lintasan yang diteliti diduga mengandung batuan andesit yang ditunjukkan oleh warna biru. Warna kuning kemerahan juga diduga sebagai tempat adanya batuan itu berada.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Investigasi Struktur Bawah Permukaan Di Lereng Gunung Raung Dengan Menggunakan Metode GPR (*Ground Penetrating Radar*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

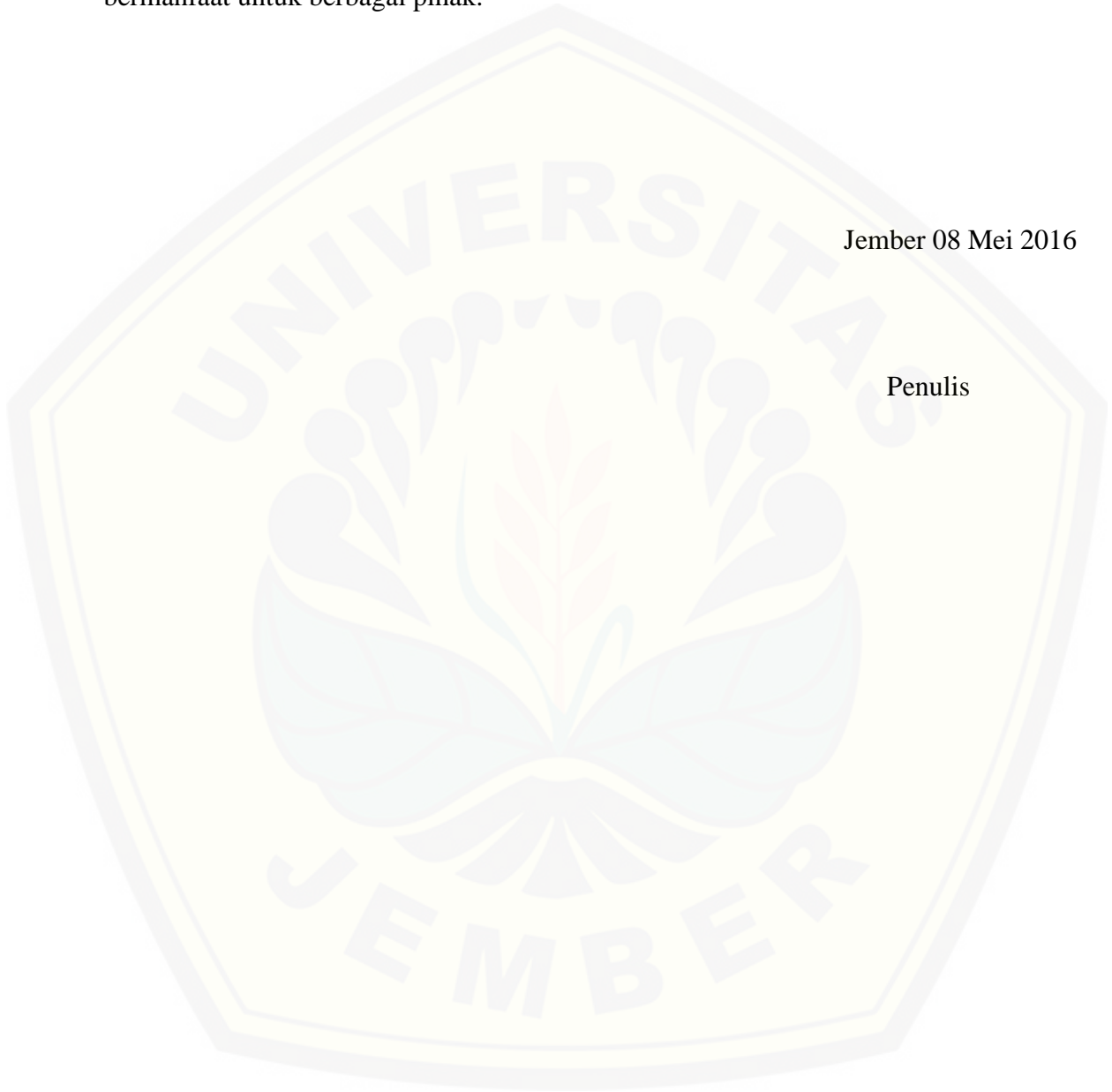
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Nurul Priyantari S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Puguh Hiskiawan S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga pikiran dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Misto M.Si. selaku Penguji I dan Ibu Endhah Purwandari S.Si., M.Si. selaku Penguji II yang memberikan kritik, saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
3. Sahabat saya Intan, Indah, Alvin, Ovi, Pingkan, Ulya dan teman-teman lainnya yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian dan yang telah berjuang bersama-sama demi sebuah gelar Sarjana Sains;
4. Ririn selaku asisten Geofisika Universitas Brawijaya yang telah membantu dalam penelitian;
5. Seluruh staf dan karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah membantu dalam hal administrasi maupun non administrasi terutama Narto, Pak Ji, Pak Budi dan Ansori;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak.

Jember 08 Mei 2016

Penulis



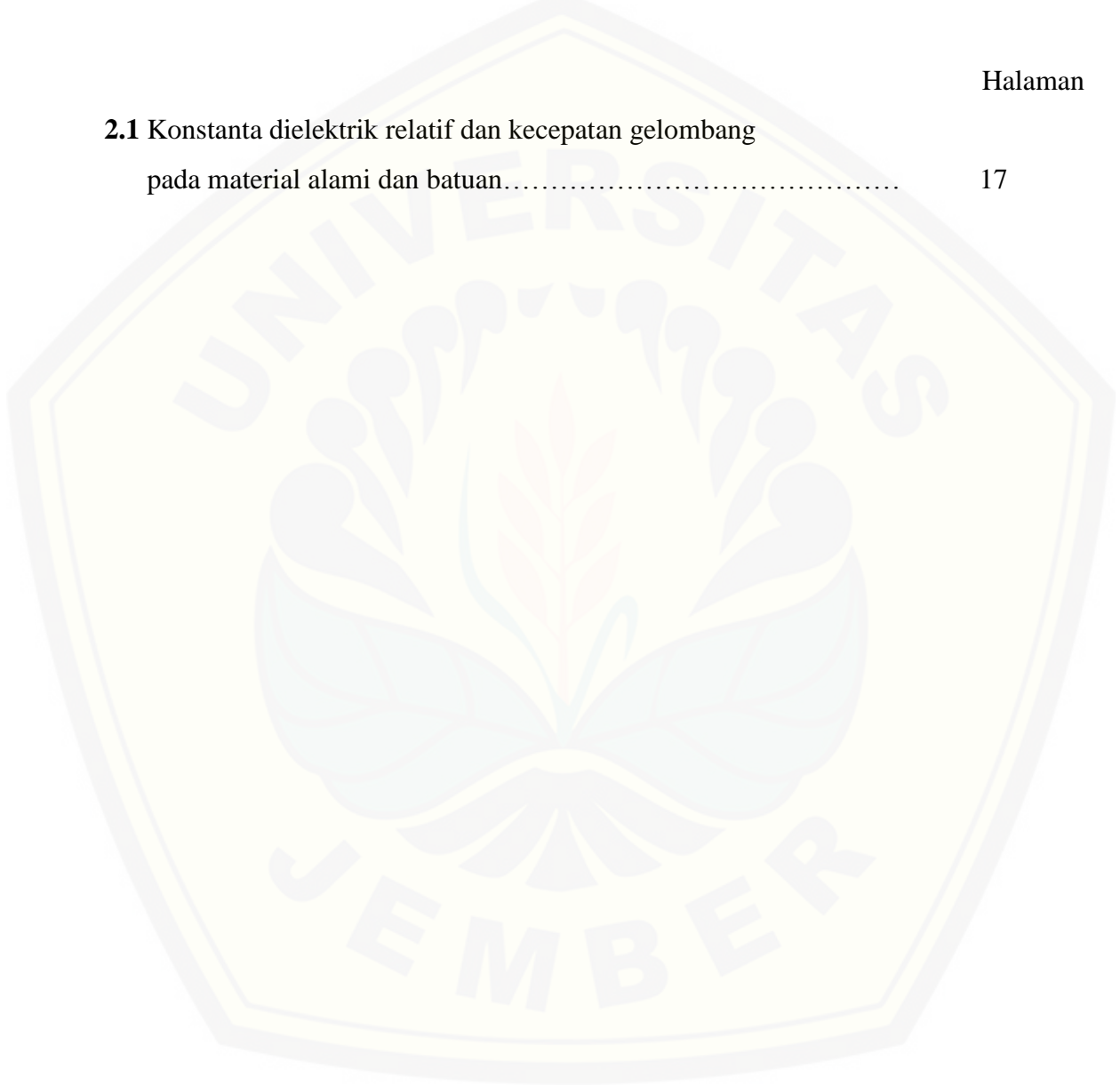
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gunung Raung	6
2.2 Gumuk	6
2.3 Batuan	7
2.4 Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	11
2.4.1 Pengolahan Data (<i>Data Processing</i>).....	18

2.4.2 Hasil Data GPR	20
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Diagram Kerja Penelitian.....	25
3.4 Prosedur Kerja.....	26
3.4.1 Akuisisi Data	26
3.5 Pengambilan Data GPR.....	26
3.6 Pengolahan Data.....	31
3.6.1 <i>Data Import</i>	32
3.6.2 <i>Filtering dan Processing Data menggunakan software Future Series 3D 2005</i>	32
3.7 Analisa Interpretasi Data.....	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil.....	34
4.1.1 Data Hasil penelitian.....	34
4.1.2 Hasil Filtering Data GPR.....	34
4.2 Pembahasan.....	41
BAB 5. PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

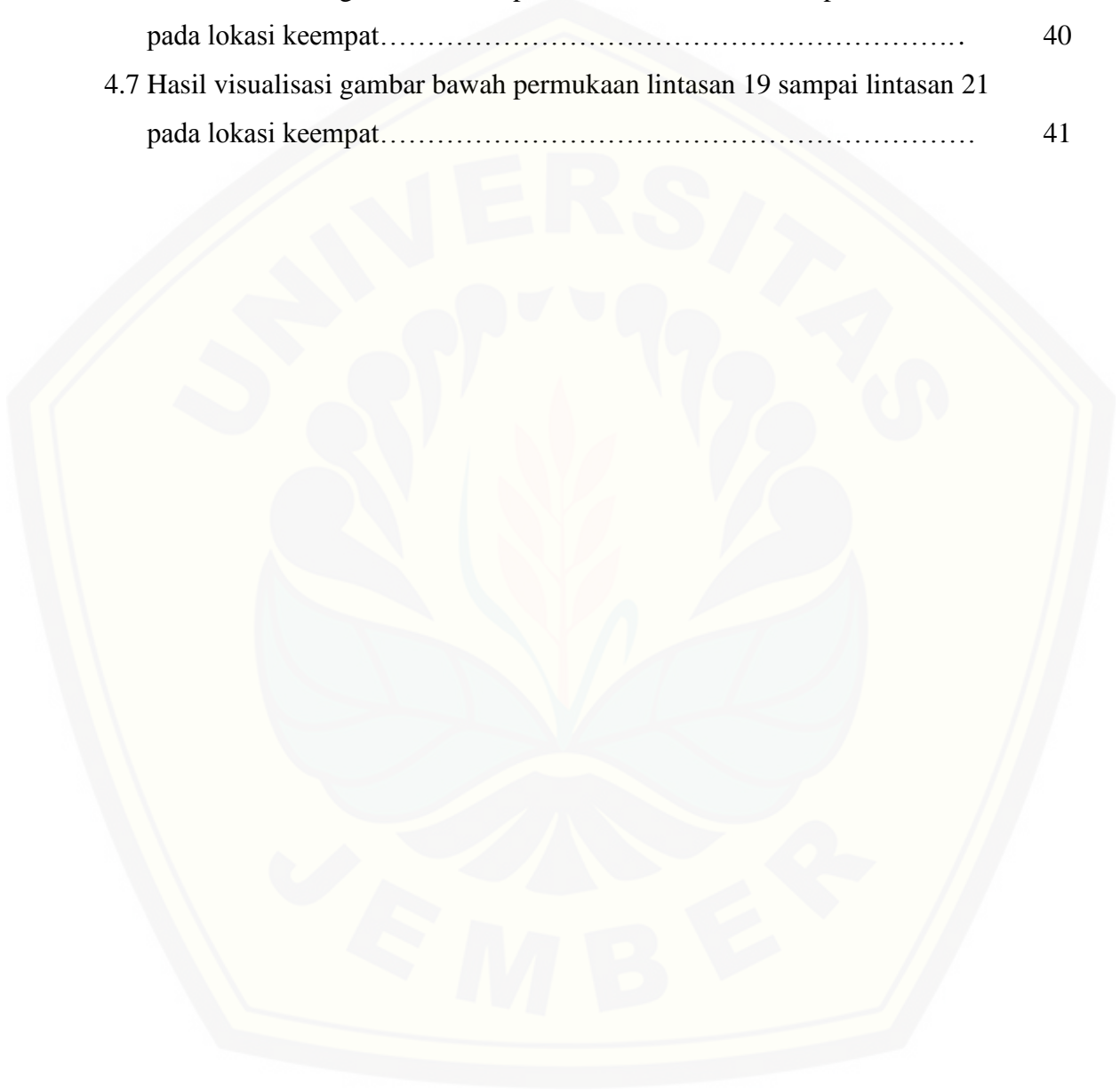
	Halaman
2.1 Konstanta dielektrik relatif dan kecepatan gelombang pada material alami dan batuan.....	17



DAFTAR GAMBAR

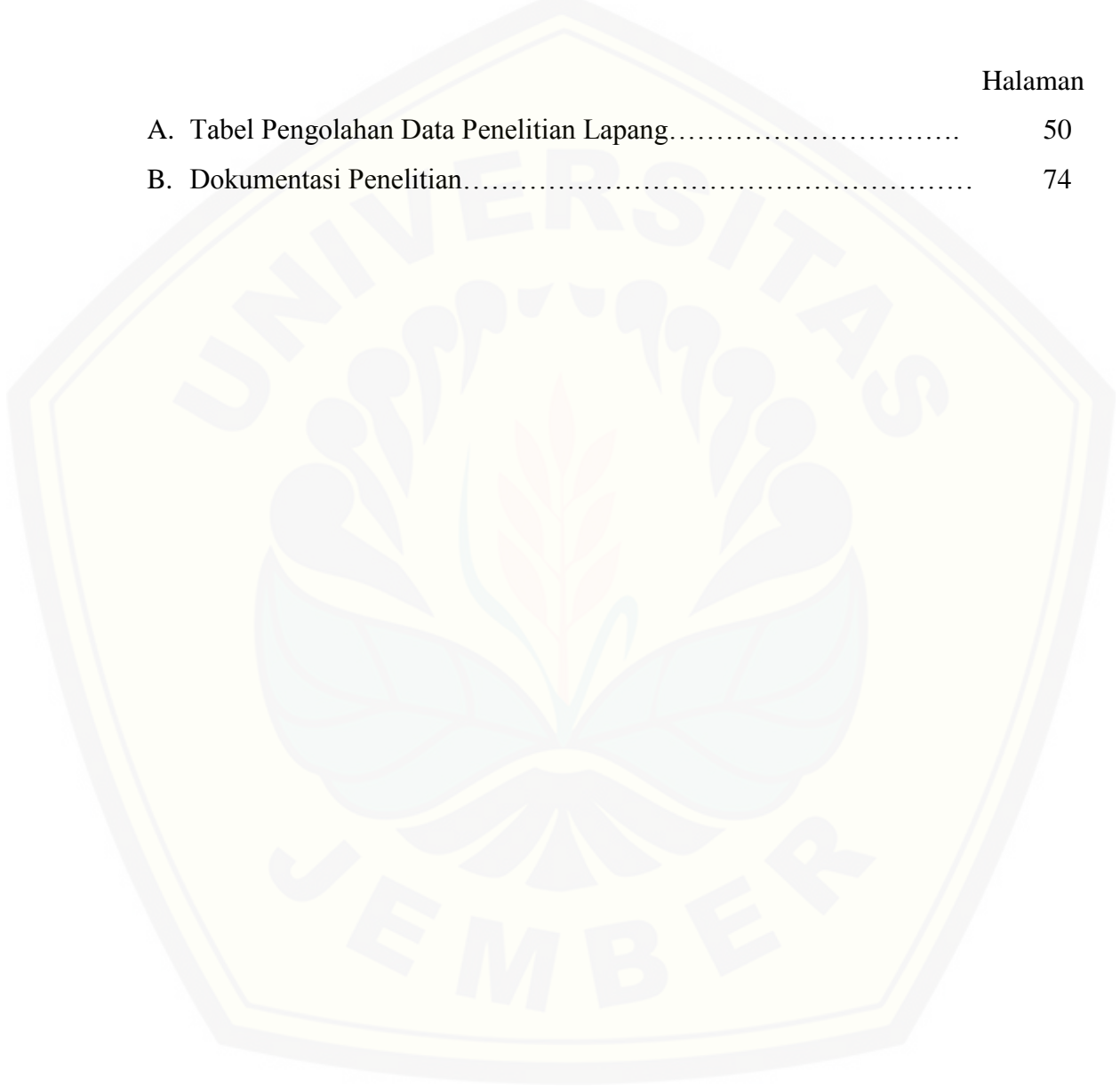
	Halaman
2.1 Siklus Batuan.....	8
2.2 Ilustrasi Penjalaran Gelombang GPR Antar Medium yang Berbeda.....	12
2.3 Skema Sistem Kerja Georadar/GPR.....	13
2.4 Prinsip Kerja alat GPR.....	14
2.5 <i>Cavity Area</i> dan <i>Metal</i>	20
2.6 <i>Dry Karst</i> dan <i>Wet Karst</i>	20
2.7 Struktur dan jenis objek digolongkan berdasarkan variasi warna pada output GPR <i>Future Series 2005</i>	21
3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	22
3.2 Peralatan GPR <i>Future Series 2005</i>	24
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.4 Desain Lintasan pada Lokasi Pertama.....	27
3.5 Desain Lintasan Pada Lokasi Kedua.....	28
3.6 Desain Lintasan Pada lokasi Ketiga.....	29
3.7 Desain Lintasan Pada Lokasi Keempat.....	30
3.8 Diagram Pengolahan GPR.....	31
4.1 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 1 dan 2 pada lokasi pertama	35
4.2 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 3 sampai lintasan 8 pada lokasi pertama.....	36
4.3 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 9 dan lintasan 10 pada lokasi kedua.....	37
4.4 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 11 dan lintasan 12 pada lokasi ketiga.....	38

4.5 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 13 dan lintasan 14 pada lokasi ketiga.....	39
4.6 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 16 sampai lintasan 18 pada lokasi keempat.....	40
4.7 Hasil visualisasi gambar bawah permukaan lintasan 19 sampai lintasan 21 pada lokasi keempat.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Tabel Pengolahan Data Penelitian Lapang.....	50
B. Dokumentasi Penelitian.....	74



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak gunung, baik gunung api yang masih aktif maupun gunung yang sudah tidak aktif lagi. Indonesia sendiri dikenal sebagai negara yang mempunyai gunung api aktif yang paling banyak di dunia. Lebih dari 30% gunung api aktif terdapat di Indonesia. Banyaknya gunung ini mengakibatkan wilayah Indonesia memiliki tanah yang subur. Hingga saat ini gunung api aktif di Indonesia dikelompokkan hanya berdasarkan sejarah letusannya, yaitu tipe A (79 buah), adalah gunung api yang pernah meletus sejak tahun 1600, tipe B (29 buah) adalah yang diketahui pernah meletus sebelum tahun 1600, dan tipe C (21 buah) adalah lapangan solfatara dan fumarola (Pratomo, 2006).

Salah satu gunung yang ada di Indonesia adalah Gunung Raung. Secara geografis, Gunung Raung terletak di tiga wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Jember, Banyuwangi dan Bondowoso. Gunung Raung ini memiliki tinggi 3.332 m dari permukaan laut dan juga memiliki kaldera dengan kedalaman 500 m. Gunung Raung merupakan bagian dari kompleks pegunungan Ijen dimana terdapat Gunung Suket, Gunung Pendil, Gunung Rante, Gunung Merapi dan Kawah Ijen (Lutfiatin, 2012).

Gunung Raung merupakan salah satu gunung purba dan pernah mengalami beberapa kali letusan yang sangat dahsyat. Hasil letusan Gunung Raung tersebut membentuk formasi bukit atau gumuk yang berjumlah ribuan di Kabupaten Jember. Gunung tersebut melontarkan material letusan dan membentuk gundukan-gundukan kecil di sekitar Gunung. Formasi bukit yang berada di Jember ini dianggap sebagai bekas aliran lava dan lahar yang berasal dari Gunung Raung (Sulistyaningsih *et al.*, 1997).

Berdasarkan hasil pemetaan pola sebaran gumuk yang dilakukan Astutik (2015) di delapan kecamatan yang berada di Kabupaten Jember terlihat bahwa jumlah

gumuk yang didapatkan yaitu sebanyak 442 buah gumuk dimana 386 buah gumuk dalam kondisi utuh dan 56 buah gumuk lainnya sedang ditambang. Adapun jumlah gumuk yang termasuk dalam formasi batuan Raung adalah sebanyak 36 buah gumuk di Kecamatan Kalisat, 32 buah gumuk di Kecamatan Ledokombo, 23 buah gumuk di Kecamatan Sukowono, dan 20 buah gumuk di Kecamatan Sumberjambe. Sisanya termasuk dalam formasi Tuff Argopuro, Breksi Argopuro dan Formasi Bogor.

Menurut Wahyu (2014) keberadaan gumuk di kota Jember berfungsi sebagai pemecah angin sehingga gumuk ini sangat berperan penting dalam melindungi Jember dari adanya angin kencang. Selain itu gumuk juga berfungsi sebagai penyimpan air yang dapat digunakan untuk kepentingan pertanian ataupun rumah tangga (Sulistyaningsih *et al.*, 1997). Akan tetapi saat ini keberadaan gumuk yang ada di Jember sudah banyak yang terkikis karena gumuk-gumuk tersebut sudah banyak yang beralih fungsi menjadi tempat pemukiman ataupun dimanfaatkan untuk pertambangan. Sering adanya angin puting beliung di Kota Jember diduga terjadi karena hilangnya beberapa gumuk tersebut. Beberapa kecamatan yang pernah terkena angin puting beliung adalah Kecamatan Sumberjambe, Mumbulsari, Jelbuk, Patrang, Mayang, dan Sukowono (Republika, 2012).

Selain sebagai penyimpan air dan pemecah angin, gumuk-gumuk tersebut juga banyak dimanfaatkan untuk kepentingan pertambangan, hal ini terjadi karena unsur utama dari gumuk yang berada di Jember adalah batuan, dimana gumuk tersebut berasal dari lontaran gunung berapi. Bagian atas gumuk menjadi tanah yang subur, hal ini dikarenakan ribuan tahun formasi gumuk berubah dan terjadi proses pelapukan. Gumuk sendiri masuk dalam kategori pertambangan galian C dengan muatan seperti batu piring, pasir dan batu pondasi (Sulistyaningsih *et al.*, 1997).

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada di bawah permukaan bumi adalah *Ground Penetrating Radar* (GPR). GPR dapat mendeteksi benda-benda yang berada di bawah permukaan bumi seperti eksplorasi air tanah dan eksplorasi mineral dengan kedalaman tertentu

tanpa harus menggali tanah. *Ground Penetrating Radar* (GPR) bekerja dalam daerah radar, yaitu yang berfrekuensi diantara 10 MHz sampai 1000 MHz (Syukur, 2009).

Kedalaman penetrasi menggunakan metode GPR sangat bergantung pada perbedaan sifat kelistrikan media yang diselidiki seperti konstanta dielektrik dan konduktivitas dengan lingkungan di sekitarnya. Kedua sifat listrik tersebut berkaitan erat dengan sifat fisik tanah atau batuan diantaranya adalah kadar air dan sifat kegramannya. Penetrasi akan mencapai 25 - 30 m apabila digunakan pada daerah yang kadar kegramannya relatif kecil (Budiono *et al.*, 2010).

Untuk survei benda-benda di tempat yang dalam, frekuensi transmisi harus rendah (<200 Mhz). Pemilihan frekuensi ini tergantung pada kemungkinan kedalaman penetrasi dan resolusi yang diinginkan. Survei GPR ini dapat digunakan untuk mendeteksi kemungkinan adanya sumber air di bawah tanah, mempelajari lapisan tanah, kedalaman batuan dasar dan melaksanakan penelitian arkeologis (Sulistyaningsih *et al.*, Tanpa Tahun).

Beberapa penelitian yang menggunakan metode ini diantaranya dilakukan oleh Bahri dkk., (2009) yang menggunakan metode GPR untuk menentukan karakteristik dinding gua. Pantariyadi (2014) yang menggunakan metode GPR ini untuk investigasi struktur bawah permukaan batuan megalitikum di Cagar Budaya Bondowoso. Selain itu penelitian ini juga dilakukan oleh Syukur (2009) untuk pemetaan batuan dasar sungai. Pada tahun 2012 Wulandari menggunakan metode ini untuk analisis bawah permukaan tanah.

Penelitian pada daerah gumuk sendiri sebelumnya pernah dilakukan oleh Fariha (2012), penelitian tersebut membahas tentang struktur bawah permukaan daerah gumuk dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi wenner, selain itu pernah juga dilakukan oleh Astutik (2015) dimana penelitian tersebut membahas tentang pola sebaran gumuk menggunakan metode sistem informasi geografis di daerah Jember. Berdasarkan dari beberapa penelitian tersebut maka peneliti berkeinginan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai struktur bawah permukaan gumuk yang berada di lereng Gunung Raung menggunakan

metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan harapan dapat diketahui potensi yang dimiliki gumuk tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas maka permasalahan yang muncul adalah:

1. Bagaimana gambaran struktur bawah permukaan di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR (*Ground Penetrating Radar*) ?
2. Apa saja jenis batuan yang berada di bawah permukaan lereng Gunung Raung ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dideskripsikan pada bagian sebelumnya batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian adalah perbukitan yang terdapat di Lereng Gunung Raung yang terletak di Kecamatan Sukowono.
2. Struktur bawah permukaan ditinjau dari kecepatan gelombang dan konstanta dielektrik bahan.

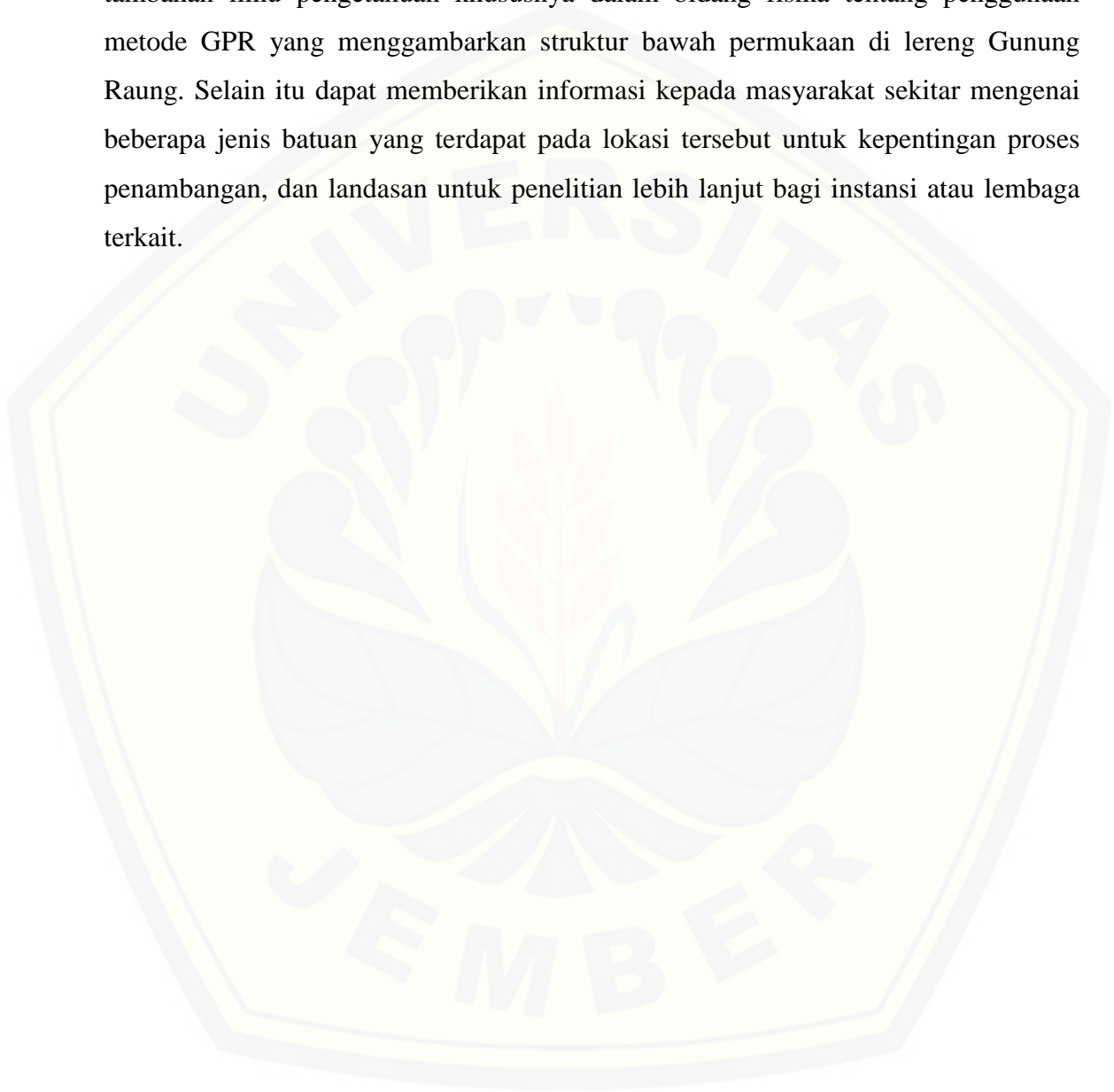
1.4 Tujuan

Tujuan penelitian investigasi struktur bawah permukaan di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR untuk:

1. Untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR.
2. Untuk mengetahui apa saja jenis batuan di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang fisika tentang penggunaan metode GPR yang menggambarkan struktur bawah permukaan di lereng Gunung Raung. Selain itu dapat memberikan informasi kepada masyarakat sekitar mengenai beberapa jenis batuan yang terdapat pada lokasi tersebut untuk kepentingan proses penambangan, dan landasan untuk penelitian lebih lanjut bagi instansi atau lembaga terkait.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gunung Raung

Gunung Raung merupakan salah satu gunung api aktif yang berada di provinsi Jawa Timur yang termasuk dalam deretan gunung api Indonesia. Secara geografis puncak Gunung Raung berada pada posisi $08^{\circ}07'30''$ LS dan $114^{\circ}02'30''$ BT dengan tinggi puncaknya 3.332 meter di atas permukaan laut. Secara administratif gunung Raung terletak di tiga wilayah di Kabupaten Jember, Bondowoso, dan Banyuwangi. Kegiatan Gunung Raung umumnya dicirikan oleh hembusan asap kawah berwarna putih tipis dengan ketinggian berkisar antara 50 hingga 75 meter dari puncak (Wildani *et al.*, 2013).

2.2 Gumuk

Gumuk adalah sebuah gundukan tinggi serupa bukit. Unsur utama gumuk adalah batuan. Karena gumuk berasal dari lontaran gunung berapi gumuk masuk dalam pertambangan galian C dengan muatan seperti batu padas, batu pondasi, batu koral, batu piring dan batu pedang (Fariha, 2013). Kelas ketinggian gumuk terbagi dalam 4 kategori:

1. Sangat rendah, kurang dari 10 meter
2. Rendah, antara 11 hingga 25 meter
3. Sedang, antara 26 hingga 50 meter
4. Tinggi, lebih dari 50 meter.

Gumuk berfungsi sebagai penyimpan air dan juga sebagai perputaran ekosistem hewan yang tinggal di dalamnya, selain itu gumuk juga berfungsi untuk melindungi suatu wilayah dari adanya angin kencang. Dengan adanya gumuk maka kekencangan angin yang turun dari gunung tidak langsung menghantam ke permukaan (Sulistyaningsih *et al.*, 1997).

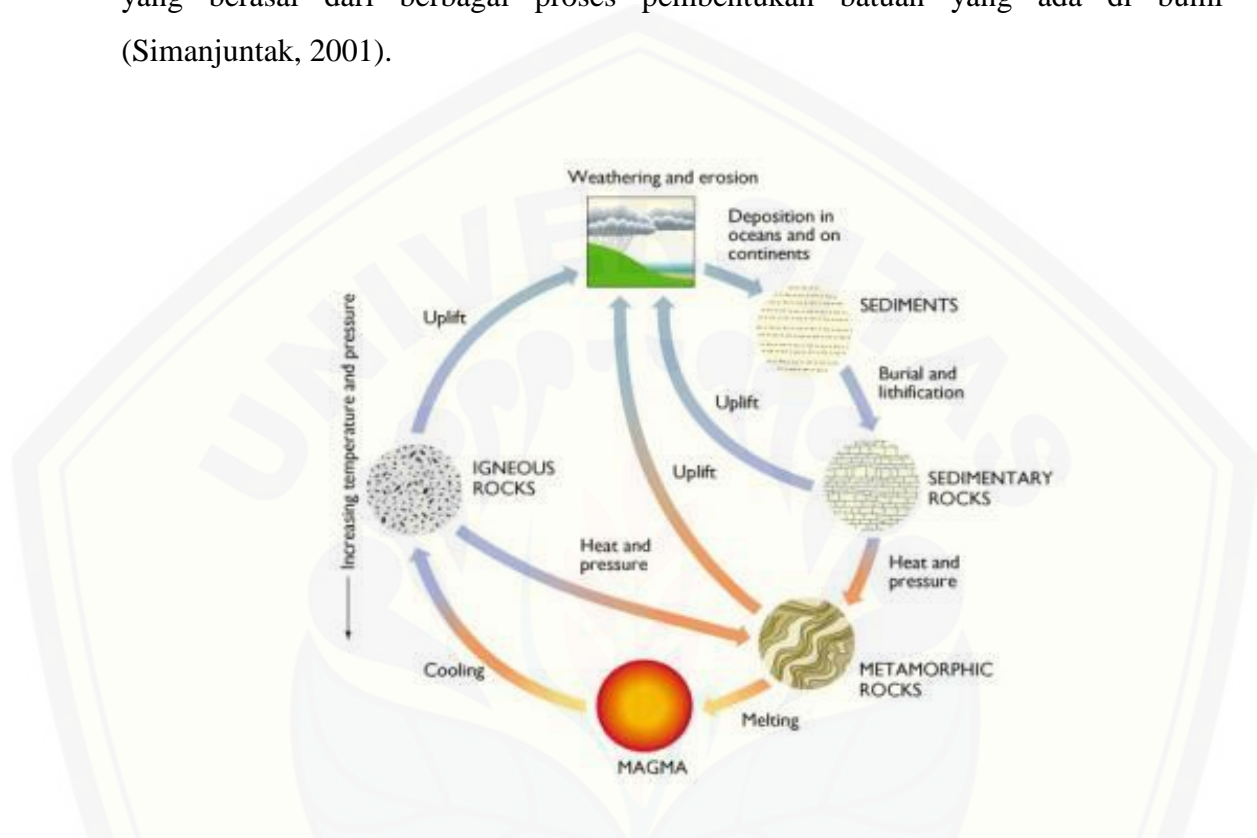
Menurut teori Verbeek dan Vennema (1936), keberadaan gumuk yang ada di Jember terjadi karena letusan Gunung Raung di masa yang lampau. Hasil letusan Gunung Raung tersebut membentuk formasi bukit atau gumuk yang berjumlah ribuan di Kabupaten Jember. Gunung tersebut melontarkan material letusan dan membentuk gundukan-gundukan kecil di sekitar gunung. Formasi bukit yang berada di Jember ini dianggap sebagai bekas aliran lava dan lahar yang berasal dari Gunung Raung. Aliran ini lalu tertutup oleh bahan vulkanik yang lebih muda, sampai ketebalan puluhan meter yang berasal dari Gunung Raung. Kemudian terjadi erosi pada bagian yang lunak, yang terdiri atas sedimen vulkanik lepas selama kurang lebih 2000 tahun, sehingga menghasilkan bentukan topografi gumuk seperti yang dapat dilihat saat ini (Sulistyaningsih *et al.*, 1997).

2.3 Batuan

Batuan adalah suatu bentukan alam yang tersusun dari dua macam mineral atau lebih, tetapi tidak termasuk tanah. Batuan bisa mengandung satu atau lebih beberapa mineral. Sebagai contoh ada yang disebut sebagai *monomineral rocks* (batuan yang hanya mengandung satu jenis mineral), misalnya marmer, yang hanya mengandung kalsit dalam bentuk granular. Selain itu ada juga batuan yang disebut *polymineral rocks* (batuan yang mengandung lebih dari satu jenis mineral), seperti granit atau monzonit kuarsa yang mengandung mineral kuarsa, fiedspar, dan biotit. Batuan merupakan bahan yang keras dan tidak dapat digali dengan cara yang biasa (Murseto, 2009).

Kulit bumi terdiri dari zat padat yang disebut dengan batuan. Pembentukan berbagai jenis batuan berasal dari berbagai macam mineral yang ada di alam. Dari sejarah pembentukan bumi, diketahui bahwa pada awalnya seluruh bagian luar bumi terdiri dari batuan beku. Berbagai jenis batuan beku yang terbentuk awalnya berasal dari magma. Magma adalah batuan cair yang terletak di bawah permukaan bumi. Setiap batuan memiliki jenis dan ciri yang berbeda, seperti bentuk, warna, kekerasan, kasar atau halus dan mengkilap atau tidaknya permukaan batuan. Batuan juga

terbentuk dengan cara yang berbeda ada yang berasal dari proses letusan gunung berapi, proses pelapukan kimia, proses penghancuran batuan, dan masih banyak pula yang berasal dari berbagai proses pembentukan batuan yang ada di bumi (Simanjuntak, 2001).



Gambar 2.1 Siklus Batuan (James, 2012)

Gambar 2.1 terlihat bagaimana perjalanan dari daur batuan tersebut. Melalui daur batuan ini, juga dapat dilihat proses-proses geologi yang bekerja dan mengubah kelompok batuan yang satu ke yang lainnya. Menurut James (2012) dalam daur tersebut batuan beku terbentuk dari pendinginan dan pembekuan magma. Pengelompokan batuan di bumi terdiri tiga macam batuan, yakni: batuan beku, batuan endapan (sedimen), dan batuan malihan (metamorf).

a. Batuan Beku

Batuan beku adalah batuan yang terbentuk akibat mendinginnya magma cair baik di dalam maupun di permukaan bumi. Pembekuan dari magma ini lambat sehingga menghasilkan bentuk yang kasar pada kristal mineralnya. Magma tersebut dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada di mantel ataupun kerak bumi. Proses pelelehan terjadi akibat dari adanya kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi (Murseto, 2009).

Berdasarkan tempat pembekuannya batuan beku dibedakan menjadi dua yaitu batuan beku ekstrusif dan intrusif.

1. Struktur batuan beku ekstrusif

Batuan beku ekstrusif adalah batuan beku yang proses pembekuannya berlangsung dipermukaan bumi. Adapun struktur dari batuan ini adalah:

- a. Masif : massa batuan seragam
- b. *Sheeting joint* : terlihat sebagai lapisan
- c. *Columnar Joint* : batuan terpisah polygonal seperti batang pensil
- d. *Pillow Lava* : menyerupai bantal yang bergumpal-gumpal, hal ini diakibatkan apabila proses pembekuan terjadi pada lingkungan air
- e. sikular : adanya lubang-lubang pada batuan beku. Lubang ini terbentuk akibat pelepasan gas pada saat pembekuan.
- f. Amigdaloidal : struktur vesikular yang kemudian terisi oleh mineral lain seperti kalsit, kuarsa atau zeolite
- g. Struktur aliran : struktur yang memperlihatkan adanya kesejajaran mineral pada arah tertentu akibat aliran.

2. Struktur Batuan Beku Intrusif

Batuan beku ekstrusif adalah batuan beku yang proses pembekuannya berlangsung di bawah permukaan bumi. Berdasarkan kedudukannya terhadap perlapisan batuan yang diterobosnya struktur tubuh batuan beku intrusif terbagi menjadi dua yaitu konkordan dan diskordan.

a. Batuan Sedimen

Batuan sedimen adalah batuan yang terdapat di permukaan bumi yang terbentuk dari butir-butir batuan lain yang lapuk karena erosi atau kikisan atau hasil aktivitas kimia maupun organisme yang kemudian mengalami pembatuan.

Batuan endapan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: Endapan Klastika terbentuk melalui proses pengendapan dari material-material yang mengalami proses perpindahan. Biasanya batuan tersebut menjadi batuan penyimpan hidrokarbon (*reservoir rocks*) atau bisa juga menjadi batuan induk sebagai penghasil hidrokarbon (*source rocks*). Contohnya batu konglomerat, batu pasir dan batu lempung. Endapan Kimia terbentuk melalui proses presipitasi dari larutan. Biasanya batuan tersebut menjadi batuan pelindung (*seal rocks*) hidrokarbon dari migrasi. Contohnya anhidrit dan batu garam (*salt*). Endapan Biogenesis terbentuk dari gabungan sisa-sisa makhluk hidup. Batuan ini biasanya menjadi batuan induk (*source*) atau batuan penyimpan (*reservoir*). Contohnya adalah batu-gamping terumbu.

b. Batuan Metamorf (Malihan)

Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk dari batuan lain yang berubah (*metamorphosis*) karena pengaruh tekanan dan temperatur yang tinggi. Metamorfosa terjadi pada batuan sedimen atau pada batuan beku yang terbenam jauh di dalam tanah yang akhirnya menghasilkan batuan metamorf. Selama proses metamorfosa batuan yang asli akan mengalami perubahan fisis yang mengubah tekstur serta komposisi mineral dan kimiawi. Penyusunan kembali mineral selama proses metamorfosa akan menghasilkan dua tekstur dasar batuan yaitu tekstur batuan foliasi dan tekstur batuan non foliasi. Foliasi susunan mineral pembentuk batuan memperlihatkan bentuk yang sejajar dan teratur. Contoh: genes, sabak, sekis, filit. Sedangkan non foliasi bentukan dan susuan mineral pembentuk batuan memperlihatkan bentuk membutir atau pejal. Contoh: marmer, kuarsit, antrassit, grafit.

2.4 Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Geofisika adalah bagian ilmu fisika yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Dalam ilmu geofisika terdapat berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian dalam mengetahui kondisi bawah permukaan bumi. Salah satu metode geofisika yang sering digunakan adalah GPR (*Ground Penetrating Radar*). GPR merupakan salah satu metode pengukuran geofisika yang menggunakan sinyal gelombang elektromagnetik dalam prinsip kerjanya. GPR dapat digunakan untuk mendeteksi objek-objek yang terkubur di dalam tanah dan juga mampu mendeteksi karakteristik bawah permukaan tanah tanpa harus melakukan pengeboran ataupun penggalian pada tanah. (Setyaningsih *et al*, 2013).

Ground Penetrating Radar (GPR) disebut juga sebagai georadar atau *ground radar*. Metode ini digunakan untuk menghasilkan tampilan struktur bawah permukaan tanah dengan resolusi yang tinggi. Prinsip operasional GPR adalah memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi diatas 10 Hz yang dibangkitkan oleh antena transmiter. Kedalaman penetrasi dan besar amplitudo yang terekam bergantung pada sifat kelistrikan dari batuan atau media di bawah permukaan dan frekuensi antena yang digunakan (Syukur, 2009).

Sinyal-sinyal yang memiliki panjang gelombang relatif pendek dapat dibangkitkan dan diradiasikan ke dalam tanah untuk mendeteksi beberapa anomali yang terdapat pada sifat dielektrik material geologi. Ini merupakan salah satu keuntungan menggunakan gelombang elektromagnetik yang terdapat di bawah permukaan tanah (Chamberlain, 2000).

Dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik, Metode GPR mampu mendeteksi struktur bawah permukaan bumi. Metode GPR cukup mudah untuk dilakukan sehingga sangat cocok untuk digunakan untuk mendeteksi struktur bawah permukaan tanah. Selain itu metode ini juga bersifat tidak merusak, prosedur pengerjaan yang cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi (Bahri, dkk, 2009).

Prinsip yang digunakan dalam metode GPR yaitu dengan memancarkan (transmisi) dan menerima (refleksi) gelombang elektromagnetik (EM) dengan frekuensi yang cukup tinggi yaitu antara 1 MHz – 1000 MHz. Dari frekuensi yang telah diketahui, panas bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat dideteksi (Sulaiman dan Taufik, 2013).

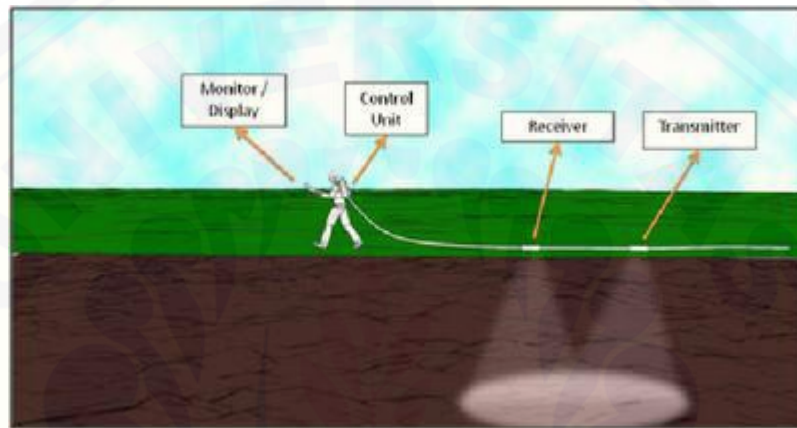
Cara kerja dari *Ground Penetrating Radar* relatif sama dengan radar konvensional pada umumnya. Cara kerja dari metode GPR ini adalah sebagai berikut: pulsa energi antara 10 sampai 1000 MHz dikirim ke dalam tanah oleh antena pemancar (*transmitter*) yang kemudian mengenai suatu lapisan atau objek dengan suatu konstanta dielektrik yang berbeda. Selanjutnya pulsa tersebut akan dipantulkan kembali dan akan diterima oleh antena penerima (*receiver*) sehingga waktu dan besar pulsa direkam dan data akan ditampilkan sebagai akuisisi penggambaran material bawah permukaan tanah (Yulius dkk, 2010).

Prinsip dasar dari skema kerja metoda GPR ini yakni dengan jalan memancarkan gelombang radio berfrekuensi tinggi ke bawah permukaan melalui pemancar (*transmitter*). Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2 berikut:



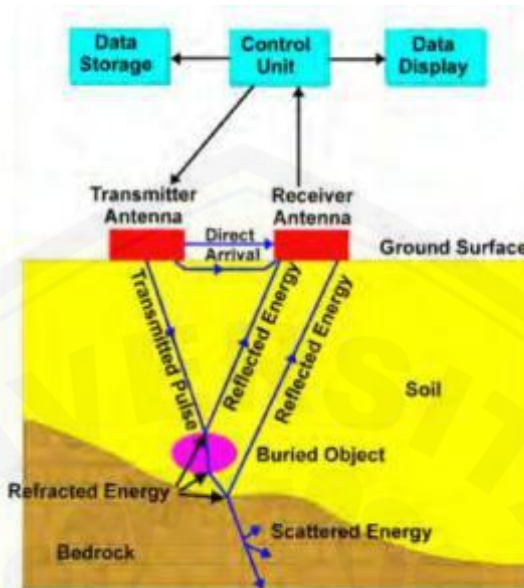
Gambar 2.2 Ilustrasi penjalaran gelombang GPR antar medium yang berbeda (Sumber: anonim, 2012)

Hasil penjalaran gelombang ini akan dipantulkan kembali ke permukaan dan selanjutnya diterima oleh antena penerima (*receiver*), dan hasil dari penerima kemudian ditampilkan dalam sebuah diagram (radargram) yang langsung dapat tersajikan dalam bentuk visualisasi 2 Dimensi pada monitor penerima (*display*). Seperti yang diilustrasikan seperti gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Skema Sistem Kerja Georadar/GPR (Anonim, 2012)

Sedangkan untuk prinsip kerja alat GPR yaitu dengan mentransmisikan gelombang radar (*Radio Detection and Ranging*) ke dalam medium target dan selanjutnya gelombang tersebut dipantulkan kembali ke permukaan dan diterima oleh alat penerima radar (*receiver*), dari hasil refleksi itulah berbagai macam objek dapat terdeteksi dan terekam dalam radargram. Mekanisme kerja GPR dan contoh rekaman radargram ditunjukkan oleh gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Alat GPR (Huda, 2011).

Metode GPR memiliki sifat tidak merusak dan mempunyai resolusi yang tinggi. Akan tetapi terbatas sampai kedalaman beberapa puluh meter saja. Meskipun demikian ternyata GPR dapat juga digunakan untuk banyak eksplorasi di dalam bidang geofisika seperti eksplorasi mineral, analisis sumber air tanah, studi arkeologi, studi keretakan jalan atau bendungan dan lain sebagainya. Selain untuk beberapa eksplorasi di atas metode ini juga dapat digunakan pada penerapan lingkungan seperti prediksi dan penentuan lokasi daerah bawah permukaan yang terkontaminasi zat pencemar (Sulaiman dan Taufik, 2013).

Metode GPR dalam pengambilan data terdapat beberapa cara seperti: pemancar berada di lokasi tetap sedangkan penerima bergerak di sepanjang daerah yang ingin dipetakan. Selain cara tersebut cara lainnya adalah pemancar dan penerima bergerak bersama-sama disepanjang daerah survei. Pencitraan yang akan diperoleh dengan cara ini muncul dalam bentuk dua dimensi (2D). Apabila yang kita petakan dalam bentuk grid maka dengan interpolasi kita akan mendapatkan gambaran tiga dimensi (3D) (Sulaiman dan Taufik, 2013).

Metode Georadar ini didasarkan pada persamaan Maxwell yang merupakan perumusan matematis untuk hukum-hukum fisika yang mendasari semua fenomena elektromagnetik. Persamaan Maxwell terdiri dari empat persamaan medan. Persamaan yang pertama adalah persamaan yang menghubungkan medan listrik E dengan rapat muatan listrik ρ :

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad 2.1$$

dimana ϵ_0 adalah permitivitas listrik untuk ruang hampa. Persamaan ini dikenal sebagai persamaan Gauss dan merupakan turunan dari hukum Coulomb.

Persamaan Maxwell yang kedua berasal dari hukum Biot-Savart-Ampere mengenai interaksi magnetostatis yang dinyatakan oleh :

$$\nabla \cdot B = 0 \quad 2.2$$

Dalam persamaan 2.3 menunjukkan tidak adanya sumber medan yang berupa medan magnetis B(x).

Persamaan Maxwell yang ketiga adalah :

$$\nabla \times E = 0 \quad 2.3$$

Persamaan ini menyatakan sifat konservatif medan elektrostatis.

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \cdot D = \rho$$

Persamaan yang keempat adalah:

$$\nabla \times B = \mu J \quad 2.4$$

dimana :

E = medan listrik (volt/m),

B = medan magnet (wb/m^2),

μ = permeabilitas magnetik (H),

J = rapat arus (ampere/m^2)

(Tjia,1995).

Pada GPR rangkaian pemancar (*transmitter*) akan menghasilkan pulsa listrik dengan bentuk *prf* (*pulse repetition frequency*), energy dan durasi tertentu. *Prf* (*pulse repetition frequency*) merupakan nilai yang menyatakan seberapa seringnya pulsa radar diradiasikan ke dalam tanah. Pulsa yang dipancarkan ke dalam tanah oleh antena *transmitter* akan mengalami atenuasi dan cacat sinyal selama perambatannya ke dalam tanah. Jika pulsa menabrak suatu inhomogenitas di dalam tanah maka akan ada sinyal yang dipantulkan ke antena penerima, namun apabila keadaan tanah tersebut bersifat homogen maka sinyal yang dipantulkan akan sangat kecil. Sinyal yang dipantulkan ke antena penerima ini kemudian akan diproses oleh rangkaian penerima. Kecepatan perambatan tergantung pada kecepatan cahaya di udara dan konstanta dielektrik relative medium perambatan

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.5)$$

dimana:

v = kecepatan perambatan gelombang (m/s)

c = kecepatan cahaya di udara (m/s)

ϵ_r = konstanta dielektrik relative medium perambatan

Apabila konstanta dielektrik medium semakin besar maka kecepatan gelombang elektromagnetik yang dirambatkan ke dalam tanah akan semakin kecil (Bahri, dkk, 2009)..

Keuntungan menggunakan gelombang elektromagnetik di dalam metode ini adalah bahwa sinyal-sinyalnya memiliki panjang gelombang yang relatif pendek sehingga dapat dibangkitkan dan diradiasikan ke dalam permukaan tanah untuk mendeteksi beberapa anomali pada sifat dielektrik material geologi yang ada di bawah permukaan bumi. Sifat elektromagnetik yang biasa diukur menggunakan data GPR adalah konstanta dielektrik relatif (ϵ_r). Konstanta ini biasanya digunakan untuk mengukur frekuensi dan survei lapangan yang dipengaruhi oleh air tanah. *Travel time* (kecepatan elektromagnetik) dan amplitudo dari sinyal GPR dapat juga digunakan

untuk memperkirakan konstanta relatif dielektrik. Pengukuran *travel time* ini merupakan pengukuran paling efektif di dalam metode GPR untuk memperkirakan konstanta dielektrik relatif ketika geometri bawah permukaan diketahui atau ketika data variabel *offset* diperoleh (Warnana, 2008).

Tabel 2.1 Konstanta dielektrik relative dan kecepatan gelombang pada material alami dan batuan

Material	ϵ_r	$V(m/ns)$
Udara	1	0,3
Air murni	81	0,033
Air laut	81	0,033
Salju kutub	1,4-3	0,194-0,252
Es kutub	3-3,15	0,168
Es murni	3,2	0,167
Air tawar	4	0,15
Pasir pantai (kering)	10	0,095
Pasir kering	3-6	0,120-0,170
Pasir basah	25-30	0,055-0,06
Lanau	10	0,095
Tanah liat basah	8-15	0,086-0,11
Tanah liat kering	3	0,173
Rawa	12	0,086
Tanah pertanian	15	0,077
Tanah rata-rata	16	0,075
Granit	5-8	0,106-0,120
Batu kapur	7-9	0,1-0,113
Dolomit	6,8-8	0,106-0,115
Basal	8	0,106
Serpih	7	0,113
Batu pasir	6	0,112
Batu bara	4-5	0,134-0,15
Kuarsa	4,3	0,145

Sumber: (Reynolds, 1997)

2.4.1 Pengolahan Data (*Data Processing*)

Data yang diperoleh di lapangan adalah data yang terekam pada layar komputer yang menggambarkan penampang vertikal bawah permukaan yang disebut profil rekaman georadar. Warna dari profil menunjukkan harga amplitudo. Pengolahan serta

interpretasi data georadar mirip dengan pengolahan data seismik tetapi ada beberapa hal yang berbeda. Parameter yang diperlukan dalam pengolahan GPR :

1. *Input Data*

Proses ini data dimasukkan dari *raw* data hasil perekaman. *Software reflexw* mampu menerima input *file* dalam berbagai format. Contohnya adalah GSSI (*.dzt file*), *pulse* EKKO (*.dtl file*), RAMAC (*.rd3 file*), SEG-Y, SEG-2 maupun *user defined* format. Input data pada penelitian ini yaitu SEG-Y.

2. *Viewing dan Editing*

Proses ini dilakukan setelah input data, kemudian data tersebut ditampilkan (*viewing*) dalam bentuk tampilan penampang GPR. Proses ini disebut juga proses *editing*, yang digunakan untuk merubah *trace* atau memperbaiki *trace* atau *record* dari kesalahan-kesalahan yang tidak diinginkan.

3. *Dewow*

Wow adalah *noise* frekuensi rendah yang terekam oleh sistem radar. Hal ini terjadi karena instrumen elektronik yang teraturasi oleh nilai amplitudo besar dari gelombang langsung (*direct wave*) serta gelombang udara. Parameter *time window* yang digunakan adalah ns.

4. *Static Correction (move to negative time)*

Proses ini memiliki tujuan untuk penentuan titik nol. Proses ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dengan tepat pada kedalaman berapa posisi *casing* berada.

5. *Gain*

Proses ini diperlukan pada saat adanya pelemahan energi pada saat sinyal melewati batuan atau lapisan tanah.

6. *Background Removal*

Proses ini digunakan untuk menghilangkan *noise* yang selalu muncul secara konsisten pada seluruh profil permukaan sehingga menutupi sinyal yang sebenarnya. Proses ini untuk menghilangkan energi koheren yang horizontal.

7. *Bandpass Filter*

Proses ini untuk menghilangkan frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan atau *noise*.

8. *Stack Trace*

Proses ini dilakukan untuk meningkatkan *signal to noise ratio* (S/N). Asumsi yang digunakan adalah bahwa sinyal mempunyai fase yang sama sedangkan noise berfase acak. Sehingga pengumpulan *trace* diharapkan agar memperkuat amplitudo sinyal dan melemahkan amplitudo noise.

9. *F-K Filter*

Filter dua dimensi ini akan memisahkan frekuensi temporal dan spasial. Filter ini didesain dalam fungsi frekuensi bilangan gelombang (k). Proses ini digunakan untuk menghilangkan *noise* koheren yaitu *noise* yang secara teratur dari *trace ke trace* (pada umumnya noise terjadi secara acak yang biasanya disebut dengan *random noise*) sepanjang profil. Filter F-K adalah *velocity range* dengan menghilangkan kecepatan sinyal di udara yang kemungkinan dapat terekam dalam radargram.

10. *Static Correction*

Proses ini termasuk dalam koreksi topografi yang bertujuan mengembalikan reflektor pada kedalaman sesungguhnya.

1. Konversi Kedalaman

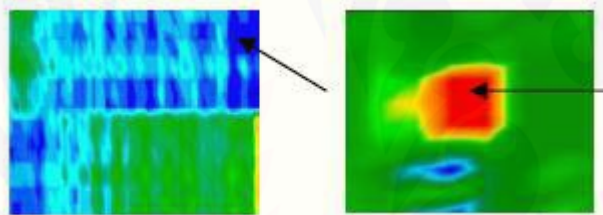
Langkah pertama adalah mendefinisikan profil cepat rambat. *Reflexw* menyediakan pusat data cepat rambat dan menyimpannya. Perekaman ini berasal dari :

- a. Memasukkan data cepat rambat dari luar ke dalam *data base*
- b. *Fitting hyperbola* untuk difraksi
- c. Menganalisa data CMP atau WARR memakai *velocity panels*.
- d. Menganalisa data CMP atau WARR memakai *velocity spectra*.
- e. *Migrasi*

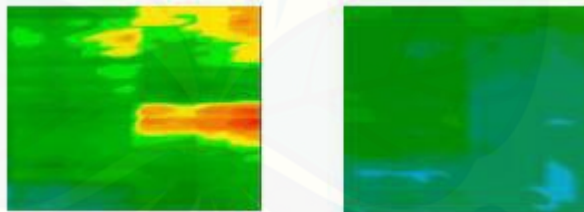
Proses ini bertujuan untuk mengembalikan bentuk difraksi hiperbola, *dipping reflections* kepada posisi sebenarnya (Nanda, 2010).

2.4.2 Hasil Data GPR

GPR memancarkan gelombang elektromagnetik ke dalam tanah oleh antenna pengirim yang kemudian hasil pantulannya tersebut akan diterima oleh antenna penerima dimana hasil tangkapan GPR ini adalah berupa gambar. Pada paket *software Future Series 2005* objek bawah permukaan yang diamati akan ditampilkan dalam bentuk *display* berupa variasi warna yang mempresentasikan struktur bawah permukaan daerah yang sedang diamati. Sebagai contoh saat pengambilan data di daerah karst di dinding Gua Seropan, pola-pola warna yang muncul digambarkan sebagai berikut:



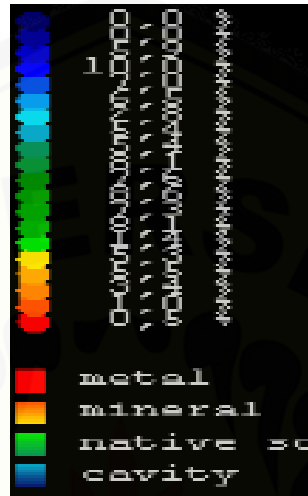
Gambar 2.5 *Cavity area* dan *Metal* (Bahri, et al., 2009)



Gambar 2.6 *Dry karst* dan *Wet karst* (Bahri, et al., 2009)

Gambar 2.5 dan 2.6 warna biru pada *display* menunjukkan *cavity area* (daerah rongga). Warna merah menunjukkan adanya logam pada daerah tersebut, warna kuning kemerahan menunjukkan adanya mineral, warna kuning menunjukkan bahwa daerah tersebut adalah daerah kering dan warna hijau agak gelap menunjukkan bahwa di daerah tersebut merupakan daerah basah.

Spesifikasi warna dari gambaran struktur bawah permukaan yang dicitrakan oleh alat GPR adalah sebagai berikut:



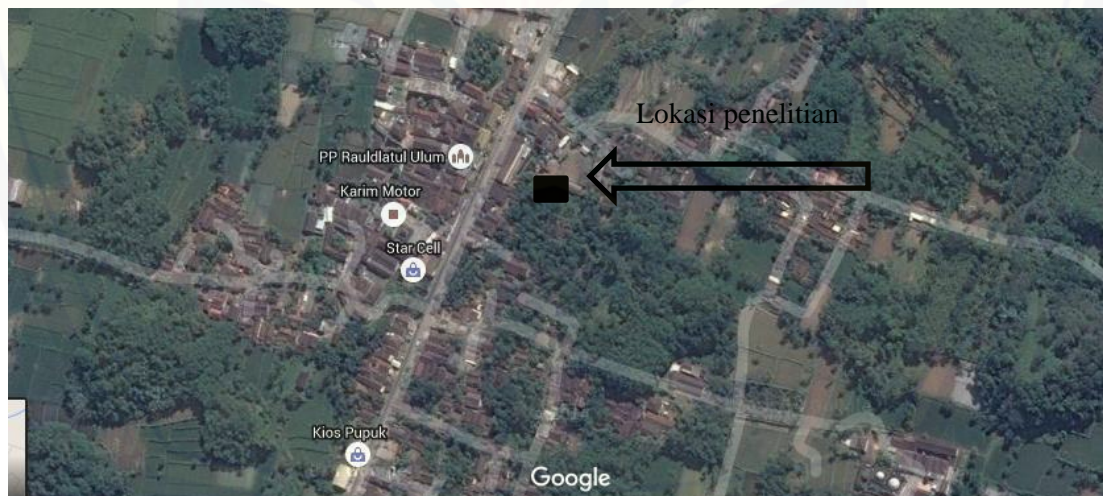
Gambar 2.7 Struktur dan jenis objek digolongkan berdasarkan variasi warna pada output GPR *Future Series 2005* (Bahri *et al.*, 2009)

BAB 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang berada di lereng Gunung Raung dengan menggunakan metode GPR (*Ground Penetrating Radar*). Hasil yang diinginkan adalah gambaran struktur bawah permukaan dengan memanfaatkan sifat elektromagnetik berupa *travel time* dari gelombang radio yang memiliki rentang frekuensi 1-10000 MHz .

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lereng Gunung Raung Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember pada Bulan Desember 2015 - selesai. Gambar 3.1 merupakan peta lokasi yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Google Maps, 2015)

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Control Unit GPR*

Berfungsi untuk membangkitkan sinyal pemicu secara serempak ke *transmitter* dan *receiver*;

2. Antena dengan frekuensi 38 MHz

Digunakan untuk membangkitkan pulsa gelombang EM ;

3. Laptop

Digunakan pada saat pengambilan data;

4. *Accu*

Digunakan sebagai sumber arus;

5. Alat ukur tanah atau meteran

Digunakan untuk membantu penentuan panjang lintasan;

6. GPS

Digunakan untuk menentukan koordinat lokasi penelitian;

7. Kompas

Digunakan untuk menunjukkan arah pada saat penelitian.

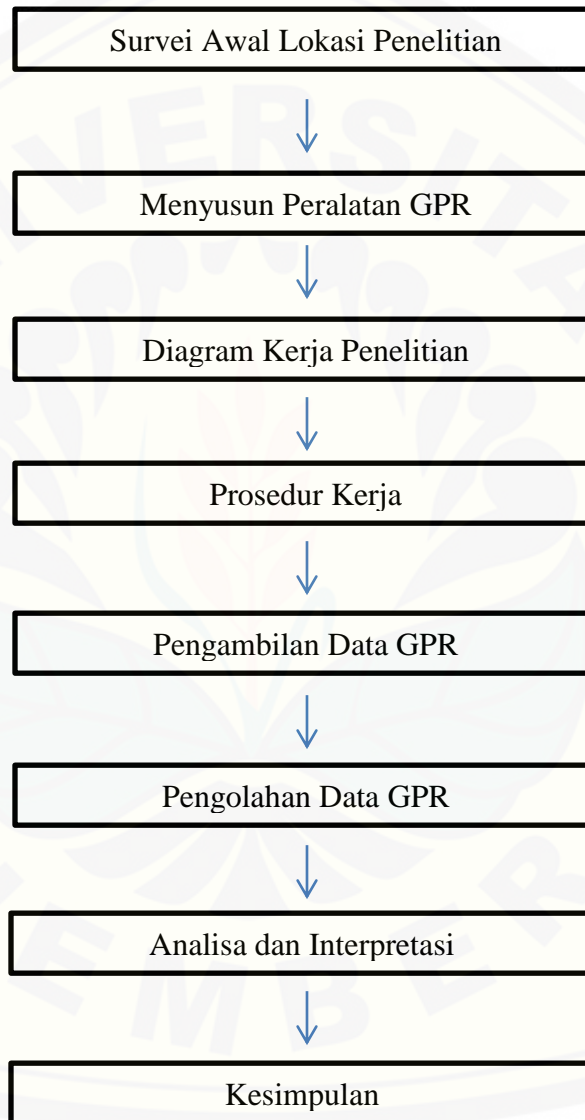
Peralatan GPR yang digunakan pada saat pengambilan data di lapangan yang dilakukan di Lereng Gunung Raung Desa Sumberwringin Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember menggunakan rangkaian GPR OKM *Future Series* 2005. Seperangkat peralatan GPR yang digunakan pada saat pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2 Peralatan GPR *Future Series 2005*

3.3 Diagram Kerja Penelitian

Secara umum prosedur pelaksanaan penelitian di atas dapat digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Akuisisi Data

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan pada akuisisi ini adalah:

1. Menentukan lintasan yang akan diukur.
2. Menyusun rangkaian alat GPR seperti pada Gambar 3.2
3. Setelah memastikan semua kabel telah terhubung dengan baik selanjutnya menyalakan kontrol unit GPR.
4. Dengan *radar reflection profiling* dan *common mid point* atau CMP. *Radar reflection profiling* dilakukan dengan membawa antena radar (*transmitter* dan *receiver*) bergerak bersamaan di atas permukaan tanah dimana nantinya hasil tampilan pada radar gram merupakan kumpulan tiap titik pengamatan
5. Memilih *ground scan*
6. Memilih mode yang diinginkan (misalnya *live scan* atau *automatic scan*, jika memilih *automatic scan* pemilihan *impuls* harus disesuaikan dengan kebutuhan. Semakin besar *impuls* semakin lama waktu scannya dan semakin lebar area yang disurvei).
7. Setelah operator memilih mode pada alat GPR, *software* pada laptop dijalankan sehingga akan muncul suatu menu yang nantinya dijadikan sebagai monitor perekam radar.
8. Menunggu indikator bunyi yang mengisyaratkan siap dimulai pengambilan data. Jika memilih *live scan* maka setiap satu titik pengukuran harus menekan enter pada laptop. Sedangkan pada pengukuran *automatic scan* cukup menekan enter pada awal dan akhir pengukuran pada sebuah lintasan.
9. Menyimpan data yang telah didapatkan.

3.5 Pengambilan Data GPR

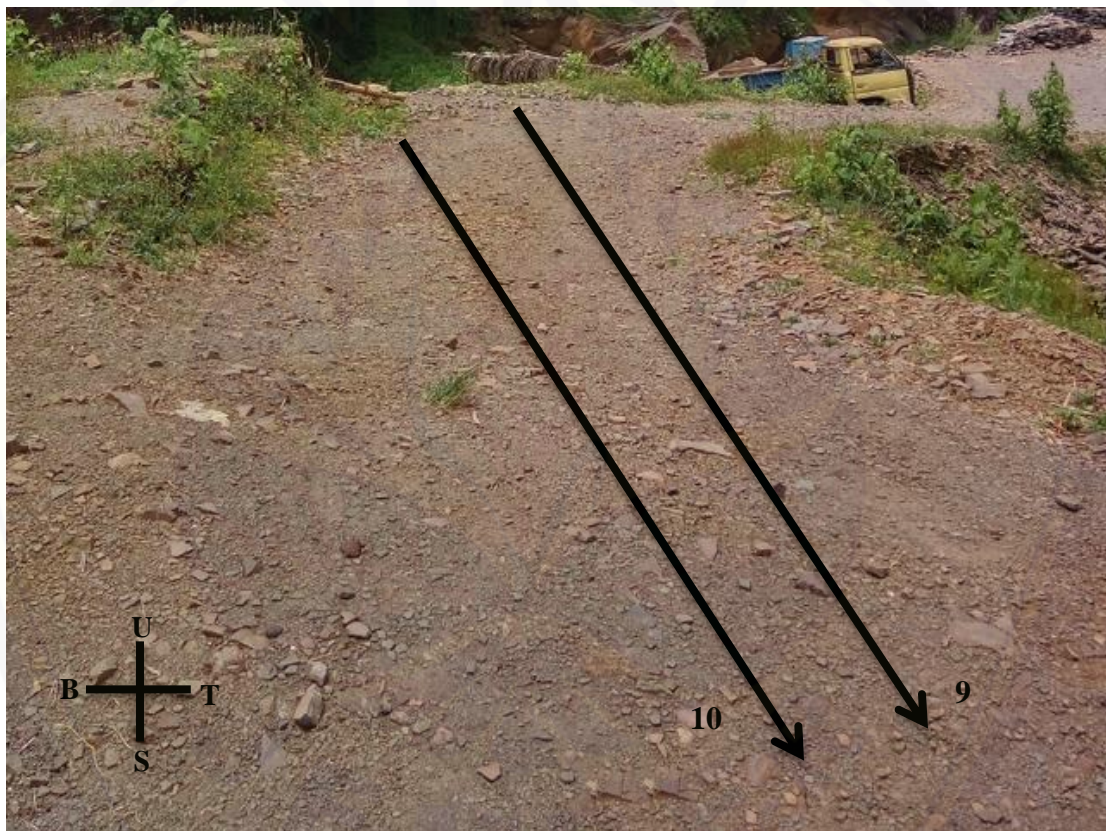
Akuisisi data dilakukan dengan cara menggunakan teknik *sampling*, yaitu pada lokasi penelitian diambil daerah yang dijadikan sebagai sampel berupa lintasan. Penentuan lokasi penelitian didasarkan atas kondisi gumpuk yang ada di Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember yang sebagian besar masyarakatnya memanfaatkan gumpuk sebagai tempat pertambangan. Adapun denah lokasi penelitian dan pengambilan data ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 3.4 Desain lintasan pada lokasi pertama

Gambar 3.4 menunjukkan desain lintasan pada lokasi pertama yang berada di area gumpuk yang telah ditambang. Pada lokasi ini terdapat 8 lintasan yang letaknya saling silang antara lintasan pertama sampai lintasan kedelapan. Pada lintasan

pertama dan kedua panjang lintasan adalah 31 m dengan jarak antar lintasan 1 meter. Pengambilan data pada lintasan ini dari arah timur ke barat. Pada lintasan ketiga sampai ke delapan panjang lintasan 13 meter dengan jarak antar lintasan 1 meter. Pengambilan data dari selatan ke utara. Tujuan dari arah lintasan yang saling silang ini adalah agar data struktur bawah permukaan yang didapatkan semakin akurat antara lintasan satu dengan yang lain.



Gambar 3.5 Desain lintasan lokasi kedua

Seperti pada lokasi pertama lokasi kedua juga terletak di area gumpuk yang sebagian besar wilayahnya sudah ditambang. Gambar 3.5 menunjukkan lintasan penelitian pada lokasi kedua. Pada lokasi kedua terdapat dua lintasan dengan panjang

lintasan adalah 13 m dengan jarak antar lintasan 1 m. Pengambilan pada lintasan ini dari arah barat menuju arah timur.



Gambar 3.6 Desain lintasan lokasi ketiga

Gambar 3.6 dapat dilihat ilustrasi desain pada lokasi ketiga. Sama seperti pada lokasi sebelumnya lokasi ketiga juga terletak di daerah yang sudah ditambang. Pada lokasi ini memiliki empat lintasan yang saling silang, dimana lintasan 11 dan lintasan 12 dari arah utara ke selatan dengan panjang 21 meter dan lintasan 13, 14 dari arah barat ke timur dengan panjang 7 meter dengan jarak antar lintasannya adalah 1 meter.

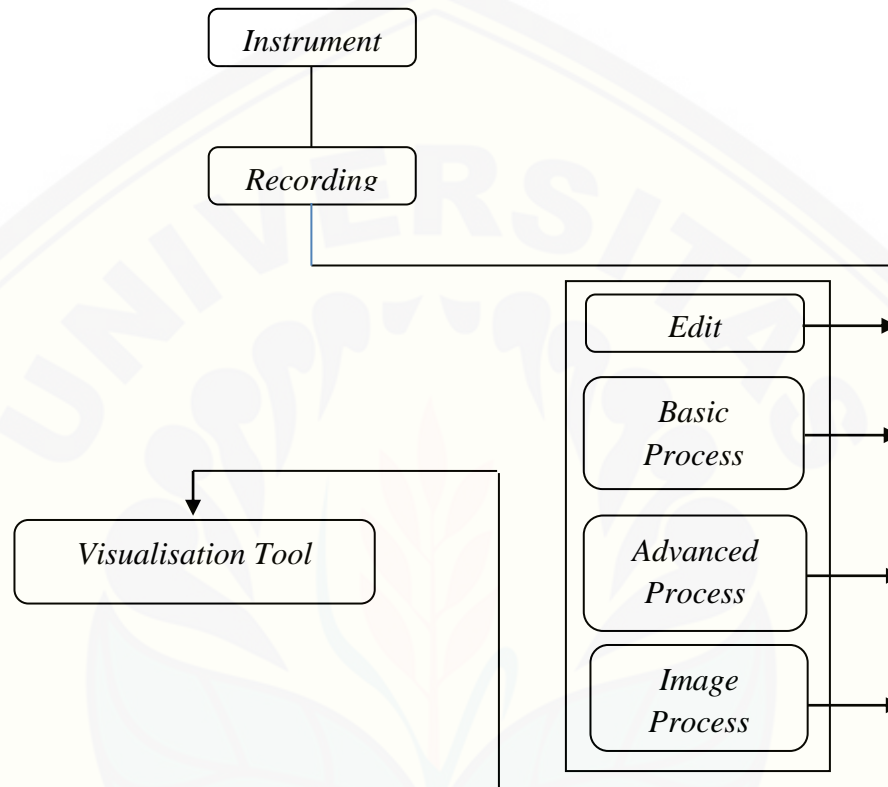


Gambar 3.7 Desain lintasan lokasi empat

Gambar 3.7 menunjukkan desain lintasan pada lokasi keempat. Lintasan keempat terletak pada daerah gumuk yang masih asli. Terdapat 7 lintasan yang saling silang pada lokasi empat ini. Dimana pada lintasan 15 sampai lintasan 21 memiliki panjang 8 meter dari arah utara ke selatan dan dari arah barat ke timur, jarak antar lintasannya adalah 1 meter. Pengambilan data dengan lintasan saling silang ini bertujuan agar data yang diperoleh lebih akurat.

3.6 Pengolahan Data

Tahap-tahap pengolahan GPR sampai menjadi model diterangkan oleh diagram berikut:



Gambar 3.8 Diagram pengolahan GPR

Data yang diperoleh di lapangan adalah data yang terekam pada layar komputer yang menggambarkan penampang vertikal bawah permukaan yang disebut profil rekaman georadar. Pengolahan serta interpretasi data georadar mirip dengan pengolahan data seismik, tetapi ada beberapa hal yang berbeda.

3.6.1 *Data Import*

Data GPR yang diperoleh dari eksperimen berupa data dalam bentuk *file*, Bentuk digital dari sinyal GPR adalah fungsi waktu yang menggambarkan gelombang sinusoidal yang terus menerus dengan masing-masing memiliki amplitudo, frekuensi dan fasa. Amplitudo dari gelombang menyatakan energi yang dihasilkan dari gelombang GPR.

3.6.2 *Filtering dan Processing Data menggunakan software Future Series 3D 2005*

GPR merupakan alat berfasilitas digital yang langsung dapat dikoneksikan dan diproses dalam *Personal Computer* dengan menggunakan *software Future Series 2005*. Pengolahan data menggunakan *software Future Series 2005* dari unit gabungan alat GPR *Future Series 2005* menampilkan penampang/radargram hasil *scanning* secara langsung. Bisa menggunakan fasilitas menu yang ada dengan mengubah tampilan penampang 2D atau 3D, kemudian mengubah warna untuk membedakan logam atau *cavity*. Jika tampilan data berupa 3D kita dapat menggunakan fasilitas di menu untuk memperkirakan kedalaman anomali yang muncul yaitu dengan mengubah kedudukan garis vertikal dan horisontal (sumbu X atau sumbu Y) di titik target untuk menentukan posisi dan kedalaman titik target. Setelah selesai pengolahan data, *image* dapat disimpan di *Print screen* kemudian di *copy paste* di *Paint*.

3.7 **Analisa dan Interpretasi Data**

Dari hasil akuisisi data diperoleh profil radargram yang merupakan pola reflektifitas lapisan bawah permukaan di Desa Sumberwringin Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember terhadap gelombang georadar. Interpretasi data yang dilakukan secara kualitatif terhadap profil radargram sehingga akan diperoleh pola reflektifitas pada radargram yang bersifat unik, artinya bahwa reflektor yang sama pada radargram dapat disebabkan oleh objek yang berbeda. Refleksi yang sangat kuat adalah ciri khas dari bahan metal, *water-table* atau *akuifer* dan lapisan lempung. Bahan metal misalnya pipa akan memberikan respon refleksi berbentuk hiperbola dengan

amplitudo besar pada radargram. Sedangkan bahan-bahan seperti kabel dan pipa yang terbuat dari beton dapat juga memperlihatkan pola radargram yang serupa. Radargram dari *water-table* dan lapisan lempung memiliki ciri khas amplitudo besar tetapi relatif datar. Jika radargram memiliki amplitudo yang besar maka dapat dimungkinkan terdapat akuifer.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai struktur bawah permukaan di Desa Sumberwringin Kecamatan Sukowono Kabupaten Jember adalah:

1. Gambaran struktur bawah permukaan yang dihasilkan dari data rekam GPR pada lokasi pertama sampai lokasi keempat diasosiasikan dengan warna hijau sebagai daerah basah (*karst basah*) yang diduga tanah liat atau daerah yang kandungan airnya cukup banyak, warna kuning sebagai daerah kering (*karst kering*), dan warna biru diduga daerah berongga (*cavity area*) yang menunjukkan lokasi batuan atau daerah aliran air.
2. Dari data konstanta dielektrik serta kecepatan perambatan gelombang yang diperoleh pada lintasan pertama sampai lintasan 21 pada keempat lokasi penelitian diduga bahwa batuan yang berada pada daerah penelitian termasuk dalam jenis batuan andesit.

5.2 Saran

Adapun saran yang ingin penulis kemukakan adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode lain seperti geolistrik agar dapat menjangkau lebih dalam ke bawah permukaan serta untuk menunjang hasil penelitian yang ada agar data yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, L. T., 2015. *Pemetaan Pola Sebaran Gumuk Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.
- Bahri, A., S., Supriyanto, dan Sentosa, B., J., 2009. *Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunung Kidul dengan Metode Ground Peetrating Radar*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Bhakti, N. 2009. *Aplikasi Metode Georadar Untuk Investigasi Bawah Permukaan di Terowongan Kereta Api Mrawan Jember*. Tugas Akhir S-1 Jursan Fsika FMIPA Jember: Universitas Jember.
- Budiono, K., Handoko, Hernawan, U., Godwin. 2010. *Penafsiran Struktur Geologi Bawah Permukaan Di Kawasan Semburan Lumpur Sidoarjo Berdasarkan Penampang Ground Penetrating Radar*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 5 No. 3, 2010 187-195.
- Chamberlain, A.T. & Sellers, W. Proctor C. 2000. *Cave Detection in Limestone using Ground Penetrating 12 Radar*. *Journal of Archaeological Science*. <http://geoful.wordpress.com/metode-geofisika.html>. [07 Juni 2014]
- Fariha, H. 2013. *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas 2 Dimensi (2D) Untuk Mendeteksi Struktur Bawah Permukaan Pada Daerah Gumuk Di Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.
- James, Hutton. 2012. *Klasifikasi Batuan Serta Proses Terbentuknya*. Jakarta: PT Soeroengan.
- Lutfiatin, U., 2012, 29 Mei. *Study Gumuk Jember*. Buletin Pakem Edisi 2.
- Murseto. 2009. *Sistem Pakar Identifikasi Nama dan Jenis Batu*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Informatika STMIK Amikom Yogyakarta.

- Pantariyadi, T., H., 2014. *Investigasi Struktur Bawah Permukaan batuan Megalitikum Menggunakan Metode GPR (Ground Penetrating Radar) Di Cagar Budaya Bondowoso*. Jember: Universitas Jember.
- Pratomo, I. 2006. *Klasifikasi Gunung Api Aktif Indonesia, Studi Kasus Dari Beberapa Letusan Gunung Api Dalam Sejarah*. Jurnal GEOLOGI INDONESIA. Vol.1 No.4 2006 209-227.
- Republika Online. 2014, 13 November. *Putting Beliung Terjang enam Kecamatan Di Jember*.
- Setyaningsih, R.Y., Suaidi, A.D., Nasikhudin. 2013. *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul Lumpur Lapindo Di porong Sidoarjo dengan Menggunakan Ground Penetrating Radar (GPR)*. Malang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.
- Simanjuntak, Truman. 2001. *New insight on the tool of the phitecantropus*. Sangiran: man. culture and envorontment. YOI: Jakarta.
- Sulaiman, A., & Taufik, M. *Pemodelan Georadar 2D dengan Metode Beda Hingga Domain Waktu*. <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/IJG/article/view/625/583>. [07 Juni 2014].
- Sulistyaningsih N., Sutikto T., Bowo C., Regar A.F.C., dan Sudibya J., 1997. *Sumbangan Ekologis Formasi Gumuk di DATI II Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.
- Sulistyaningsih, Oktafiani, O., Wijayanto, Y., N., Tanpa Tahun. *Sistem Ground Penetrating radar Untuk Mendeteksi Benda-Benda di Bawah permukaan Tanah*.
- Syukur, A. 2009. *Pemetaan Batuan Dasar Sungai dengan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar*. Skripsi. Depok: Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Telford, M. W., deldart L.P., Sheriff R.E., Keys D.A., 1990. *Applied Geophysics*. USA. Cambridge University Press

Tjia, M.O. 1994. *Gelombang*. Solo: Dabara Publisher.

Verbeek, R.D.M. dan R. Fennema 1936. *Geologi Beschrijving Van Java En Madoera*. Amsterdam, Blz.503

Wahyu. 2014, 30 Juli. *Gumuk Mulai Habis Ditambang*. Jawa Pos (mgl/har/JPNN/cl5/ami).

Warnana, D. D. 2008. *Identifikasi Scouring Sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul Sungai Bengawan Solo Berdasarkan Survei GPR (Studi Kasus Desa Widang, Kabupaten Tuban)*. Jurnal FISIKA DAN APLIKASINYA. Vol. 4 No. 2. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wildani, A., Maryanto, S., Gunawan, H., Triastuty, H., dan Hendrast, m., 2013. *Analisis Non Linier Tremor Vulkanik Gunung Api Raung Jawa Timur Indonesia*. Jurnal Neutrino Vol.06 No.01 2013.

Wulandari, R. 2012. *Analisis Bawah Permukaan Kelurahan Trikora Dan Sekitarnya Menggunakan Metode GPR (Ground Penetrating Radar) dan Geolistrik*. Bandar Lampung: Teknik Geofisika Univeritas Lampung.

Yulius, Y. Wahyu Y., dan Oktaviani, F., Tanpa Tahun. *Studi Pemrosesan dan Visualisasi Data Ground Penetrating Radar*. LIPI.