

**ANALISIS LITOLOGI DAN STRUKTUR GEOLOGI BERDASARKAN CITRA
LANDSAT PADA AREA PROSPEK PANASBUMI GUNUNG TELOMOYO
DAN SEKITARNYA,
KABUPATEN MAGELANG, PROVINSI JAWA TENGAH**

Oleh :

Zendi Agista, Prakosa Rachwibowo*, Yoga Aribowo*,
(corresponding email: agistazendi@yahoo.co.id)*

** Program Studi Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang*

ABSTRAK

Komplek Gunung Telomoyo merupakan salah satu daerah prospek panasbumi di Indonesia ditandai dengan munculnya manifestasi panasbumi di sekitarnya. Komplek Gunung Telomoyo terletak di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Magelang. Secara fisiografis terletak pada Zona Solo. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang model sistem panasbumi kompleks Gunung Telomoyo berdasarkan data litologi, struktur geologi dari kenampakan citra satelite. Metode penelitian meliputi interpretasi citra, pengamatan lapangan yang dilanjutkan dengan metode analisis.

Dari hasil interpretasi citra satelite, didapatkan interpretasi litologi, geomorfologi dan pola kelurusan (*lineament*). Citra landsat yang digunakan yaitu citra komposit saluran 4_R, 5_G, 7_B. Proses interpretasi citra ini menggunakan unsur – unsur dasar interpretasi citra seperti warna, bentuk, tekstur, rona, pola dan bayangan ditambah dengan interpretasi geologi yang meliputi relief atau morfologi. Interpretasi litologi didapatkan litologi lava, piroklastik dan alluvium. Struktur geologi hasil interpretasi citra satelit meliputi, struktur sesar, struktur runtuhan (*collapse*) dan kelurusan (*lineament*). Struktur permukaan dianalisis melalui kerapatan *lineament* di permukaan dengan metode *FFD (Fault Fracture Density)*. Berdasarkan peta *FFD*, diketahui bahwa daerah prospek panasbumi berada di daerah Candiumbul, Kendal Duwur, Keningar, Gunung Telomoyo, Candidukuh, dan barat laut daerah penelitian. Analisis struktur geologi dari *lineament* menggunakan diagram roset diketahui arah umumnya yaitu barat – laut, timurlaut-baratdaya. Berdasarkan analisis petrografi, litologi penyusun berupa lava andesit dan piroklastik.

Berdasarkan survey lapangan, sistem panasbumi Gunung Telomoyo yang menjadi *heat source* berasal dari magma andesit – basaltik, lalu reservoir area panasbumi Gunung Telomoyo terdapat pada batuan piroklastik, dan cap rock nya yaitu lava andesit.

Kata Kunci: litologi, *lineament*, *Fault Fracture density*, sistem panasbumi

I. PENDAHULUAN

Komplek Gunung Telomoyo merupakan salah satu daerah prospek panasbumi ditunjukkan dengan

kemunculan manifestasi panasbumi ke permukaan berupa mataair hangat dan alterasi batuan. Manifestasi panasbumi di Gunung Telomoyo

terdapat di daerah Candi Dukuh, Candi Umbul, Sepakung dan Kendal Duwur.

Dalam tahapan eksplorasi panasbumi dilakukan beberapa tahapan, salah satunya yaitu tahap pendahuluan. Pada tahapan ini dilakukan kajian tentang morfologi dan kondisi geologi menggunakan teknologi citra satelit dan pemetaan geologi. Analisis citra satelit meliputi pengumpulan analisis dan penyajian data yang berhubungan dengan informasi kondisi geomorfologi, interpretasi struktur geologi, dan litologi untuk memperkirakan batasan daerah prospek panasbumi.

II. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di daerah Gunung Telomoyo dan sekitarnya, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada koordinat geografis $110^{\circ}22'30'' - 110^{\circ}26'00''$ BT dan $7^{\circ}16'30'' - 7^{\circ}21'30''$ LS. Pada pembagian *quadrangle* peta topografi Indonesia, daerah penelitian terletak pada lembar peta 47/XLI.d (75d). Lokasi penelitian terletak dengan posisi koordinat UTM yaitu X = 422000 – 437000 TM dan Y = 9185000 – 9193000 UM. (Gambar 1)



Gambar 1. Lokasi Penelitian Gunung Telomoyo, Salatiga dan sekitarnya.

Secara administratif Gunung Telomoyo melewati Kecamatan Ngablak, Kecamatan Grabag dan Kecamatan Banyubiru, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah.

III. MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian kali ini memiliki maksud yaitu interpretasi citra daerah panasbumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya, membuat peta *Fault Fracture Density* dan mengidentifikasi urutan batuan dan struktur geologi yang ada di daerah penelitian. Sedangkan tujuannya yaitu mengetahui litologi, pola kerapatan struktur geologi dan mengetahui model konseptual sistem panasbumi yang ada di daerah penelitian.

IV. GEOLOGI REGIONAL

Secara fisiografi Komplek Gunung Telomoyo termasuk dalam Zona Solo. Barisan Gunungapi Merapi – Telomoyo menempati ujung barat dari Zona Solo (Bemmelen, 1949). Zona ini terbentuk pada suatu kompleks gunungapi yang memanjang berarah baratlaut-tenggara yaitu rangkaian Gunung Ungaran – Gunung Telomoyo - Gunung Merbabu - Gunung Merapi yang berada pada lingkungan geologi vulkanik Kuarter.

Gunung Telomoyo terbentuk di atas runtuh lereng Gunung Soropati (1300 meter). Gunung Soropati adalah gunungapi di deretan Ungaran-Soropati-Merbabu-Merapi. Menurut Bemmelen (1941) aktif pada jaman Plistosen Tengah-Atas yang kemudian runtuh karena letusan dan *collapse* di lereng bagian timur dan meninggalkan depresi berbentuk U. Gunung Soropati saat ini hanyalah sebagai dinding kaldera, lalu menjelang Holosen, gunung Telomoyo (1894 mdpl) terbentuk di dinding runtuh Soropati. Menurut Bemmelen, 1949 asal magma dari Gunung Soropati yaitu *olivine basaltic*, sedangkan pada Telomoyo telah mengalami diferensiasi menjadi lebih asam (*augite-hypersthene-hornblende andesites*).

Struktur regional menurut Van Bemmelen bahwa G. Ungaran, G. Soropati-Telomoyo, G. Merbabu dan G. Merapi adalah gunungapi yang muncul di sebuah sesar besar yang menjadi batas timur bagian sempit Jawa Tengah. Sesar ini berarah utara – baratlaut dan Selatan – Tenggara.

Struktur Geologi yang berkembang yaitu struktur rim kaldera dan sesar – sesar normal berarah baratdaya-timurlaut yang terbentuk akibat aktivitas G.Soropati-Telomoyo, serta sesar-sesar mendarat berarah relative utara-selatan dan baratlaut-tenggara yang merupakan struktur regional dan sebagian sudah ditutupi oleh produk yang lebih muda.

V. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari studi literature, interpretasi citra satelite

dan pengecekan lapangan (*Field check*) dan analisis data geologi.

Dalam studi literatur dilakukan pengumpulan beberapa referensi tentang geologi daerah penelitian dan tulisan yang membahas tentang sistem panasbumi daerah penelitian. Dari studi literatur ini didapatkan informasi data – data citra dan geologi dari penelitian PSDG, 2010 tentang Sistem Pansbumi daerah Candi Umbul-Telomoyo.

Interpretasi citra satelit dilakukan untuk mengetahui bentuk – bentuk morfologi yang nanti akan dijumpai dilapangan dan juga mengetahui kelurusan struktur geologi yang ada didaerah penelitian. Interpretasi yang dilakukan berupa litologi, geomorfologi, dan penarikan kelurusan. Pada tahap interpretasi ini, nanti akan dibuat suatu peta *FFD* (*Fault Fracture Density*) dari suatu penarikan kelurusan yang memiliki fungsi untuk mengetahui daerah yang memiliki densitas struktur tertinggi yang berasosiasi dengan pusat pergerakan fluida.

Tahap pengecekan lapangan adalah melakukan pengecekan kenampakan yang ada di lapangan dengan data interpretasi citra yang sudah dilakukan dan mencari informasi fakta data geologi yang ada di daerah penelitian.

Analisis data geologi berupa analisis petrografi dan petrologi, vulkanostratigrafi, dan analisis pola struktur geologi dari data hasil pengecekan lapangan. Sehingga dari semua data yang telah dikumpulkan nantinya akan dibuat suatu model konseptual sistem panasbumi Gunung Telomoyo.

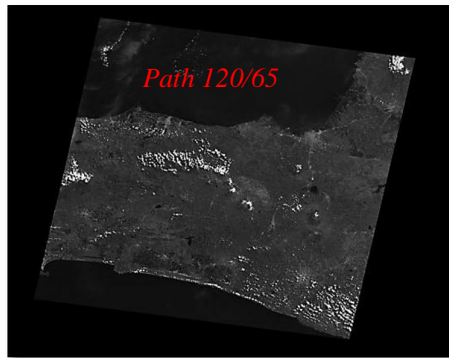
VI. HASIL dan PEMBAHASAN

6.1 Pengolahan Data Citra Satelit

Sebelum melakukan tahapan interpretasi maka dilakukan terlebih dahulu pengolahan data citra. Pengolahan data dilakukan karena citra yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan data mentah yang memiliki kesalahan sistematis selama proses perekaman citra. Sehingga harus dilakukan restorasi dan kalibrasi citra terlebih dahulu. Proses pengolahan data citra ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software *Ermapper v.7.0*.

Karakteristik citra yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah Landsat 7 ETM+, koordinat datum WGS 84, daerah Jawa Tengah dan sekitarnya, *path* 120/65 dengan resolusi ± 30 meter hasil perekaman 21 Agustus 2003 dari situs <http://www.usgs.glovis.us>. (Gambar 2)

Pengolahan data yang dilakukan pada citra landsat 7 ETM+ ini yaitu koreksi radiometrik, pemotongan (*cropping*) citra, fusi band dan filtering.



Gambar 2. Tampilan Citra Landsat 7 ETM+ daerah Jawa Tengah yang masih data mentah. (sumber <http://www.usgs.glovis.us>).

a. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan teknik perbaikan citra satelit untuk menghilangkan efek atmosferik yang mengakibatkan kenampakan bumi

tidak terlalu tajam. Metode yang digunakan untuk koreksi radiometrik ini yaitu dengan metode penyesuaian histogram. Dari histogram ini, dapat diketahui seluruh nilai piksel terendah pada setiap saluran. Nilai piksel terendah pada suatu *scene* seharusnya memiliki nilai nol, apabila nilai tersebut bukan nol maka nilai perbedaan (*offset*) tersebut dipandang sebagai hasil dari hamburan atmosfer.

b. Pemotongan (*crop*)

Pemotongan citra dilakukan untuk mendapatkan daerah penelitian dengan maksud pengolahan data yang lebih terfokus dan lebih terinci pada daerah yang akan dianalisis. Pemotongan citra ini dilakukan pada daerah area panas bumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya berdasarkan koordinat yang terdapat pada peta RBI dengan proyeksi UTM (*Universal Transfer Mercator*).

c. Pembuatan Citra Komposit (Fusi Band)

Pembuatan citra komposit ini (*fusi band*) berguna untuk meningkatkan kemampuan interpretasi citra komposit multispektral sehingga menghasilkan data baru yang kompositnya meningkat.

Metode yang digunakan dalam pembuatan *fusi band* ini yaitu metode penggabungan multispasial. Fusi multispasial merupakan penggabungan *band – band* yang memiliki resolusi berbeda. Penggabungan dilakukan pada citra landsat 7 +ETM yang memiliki band multispektral resolusi 30 m dan band pankromatik resolusi 15 m.

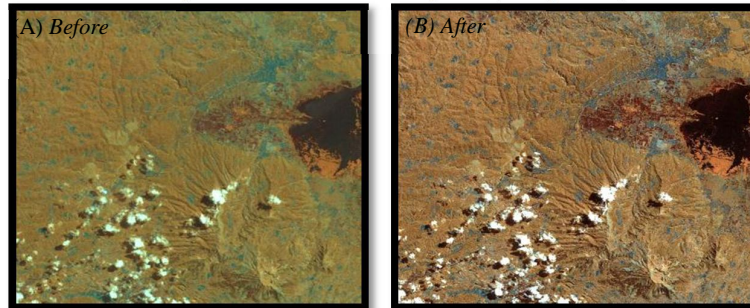
Pembuatan citra komposit daerah penelitian menggunakan saluran band 457 RGB (Lampiran 1). Saluran ini digunakan karena saluran

band ini bekerja pada gelombang inframerah tengah yang aplikasinya diarahkan untuk pemetaan geologi maupun struktur geologi.

d. Filtering

Filtering dilakukan untuk menghaluskan, menonjolkan, dan

mempertajam detail permukaan bumi. Dengan melakukan filtering, maka objek struktur geologi dapat lebih ditonjolkan dari objek lain disekitarnya. Proses pemfilteran pada kali ini menggunakan filter *high-pass* (sharpeen3).



Gambar 3. Perbandingan citra landsat yang telah dilakukan filter *high-pass* (b) dengan yang belum dilakukan filtering.

6.2 Interpretasi Citra Satelit

a. Interpretasi Geomorfologi

Geomorfologi daerah penelitian berdasarkan kenampakan citra landsat 7+ETM dibagi menjadi 3 satuan yaitu bentangalam vulkanik, bentangalam denudasional dan alluvial/rawa.

1. Bentangalam Vulkanik

Pada citra landsat kenampakannya yaitu memiliki relief yang khas yaitu bentukan cembung keatas dan menyerupai kerucut, terdapat pola aliran yang disebabkan oleh aliran lava akibat erupsi vulkanik. Citra daerah penelitian terdapat bentuk cekungan yang ada didekat Gunung Telomoyo. Diinterpretasikan ini merupakan suatu kawah atau kaldera yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanik.

2. Bentangalam Denudasional

Kenampakannya pada citra satelit yaitu memiliki tekstur sedang-kasar, rona cerah dengan warna putih kekuningan, bentuklahan bergelombang-berbukit, terdapat

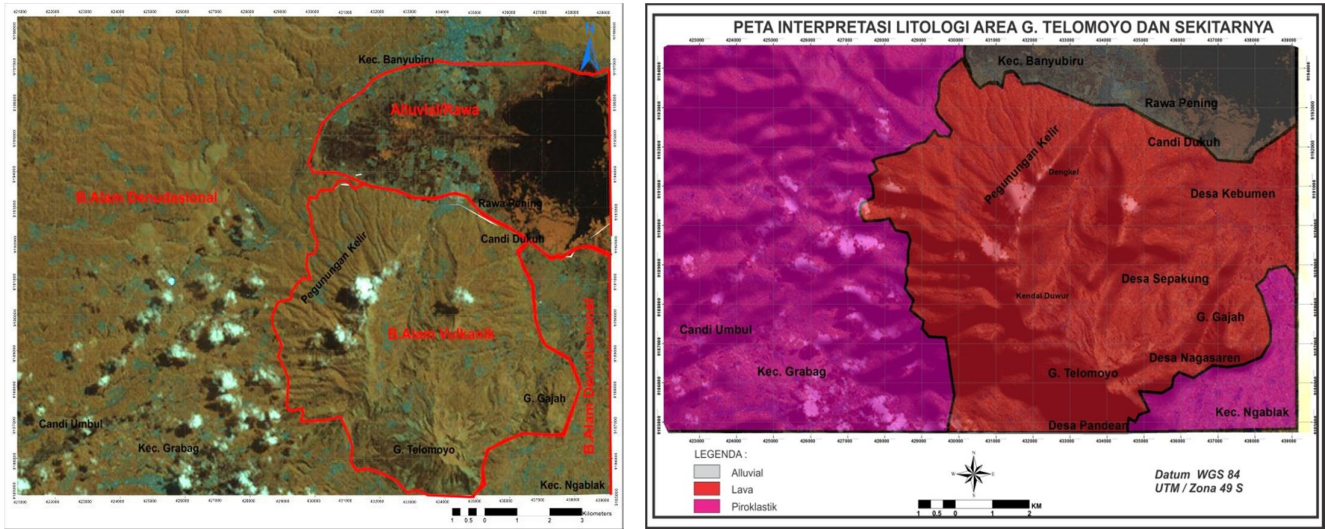
beberapa pemukiman yang ditandai dengan warna hijau.

3. Alluvial/Rawa

Memiliki tekstur yang sangat halus dengan rona berwarna gelap pada citra satelit. Pada daerah penelitian terdapat di bagian barat laut pada peta. Diinterpretasikan ini merupakan sebuah danau atau rawa yang ada didaerah Gunung Telomoyo.

b. Interpretasi Litologi

Interpretasi litologi berdasarkan citra landsat 7+ETM, didapatkan tiga macam satuan litologi di daerah penelitian yaitu lava, piroklastik dan alluvium. Kenampakan lava pada citra landsat yaitu memiliki bentuk dan pola khas dari suatu aliran lava dengan tekstur halus-kasar. Piroklastik pada citra landsat memiliki tekstur citra yang relative kasar berwarna coklat hijau cerah, morfologi lebih terjal dan memiliki vegetasi sedikit. Sedangkan alluvial pada citra landsat memiliki tekstir yang sangat halus yang berada di daerah dataran dan berwarna hitam.



Gambar 4 Peta hasil interpretasi geomorfologi (kiri) dan Peta interpretasi litologi area Gunung Telomoyo dan sekitarnya.

6.3 Geologi Daerah Penelitian

a. Geomorfologi

Secara umum daerah penelitian merupakan daerah bentangalam vulkanik Gunung Telomoyo. Kenampakan ini berdasarkan hasil pengecekan lapangan setelah dilakukan tahapan interpretasi. Berdasarkan kenampakan morfologi yang ada dilapangan, daerah penelitian dapat dibagi menjadi 5 satuan geomorfologi:

1. Satuan Bentuklahan Perbukitan/Punggungan dinding Kaldera
2. Satuan Bentuklahan Dataran Kaldera
3. Satuan Bentuklahan Dataran Kaki Gunungapi.
4. Satuan Bentuklahan Kubah Lava
5. Satuan Bentuklahan Cekungan Rawa Belakang.

Dalam pembagian satuan geomorfologi ini didasarkan atas morfogenesis dari bentuk lahan yang ada. Pembagiannya berdasarkan klasifikasi Budi Brahmantyo, 2006

dan pembagian satuan ini bisa dilihat pada peta geomorfologi Gunung Telomoyo dan sekitarnya pada lampiran 2.

b. Stratigrafi

Daerah penelitian di dominasi hasil endapan vulkanik Kuartar yang berasal dari kompleks gunungapi di sekitarnya. Litologi yang ada didaerah penelitian terdiri dari, satuan breksi satuan lava dan alluvium.

Satuan Breksi

Breksi yang dijumpai didaerah penelitian terdapat di Sepakung, Kalipancur, Candi Umbul, dan Candi Dukuh. Satuan ini merupakan satuan yang tua di daerah penelitian. Satuan ini terdiri dari breksi piroklastik dengan massa dasar berupa tuff ukuran butir (1/16 - 2 mm) *matrix supported*, fragmen andesit yang berwarna abu-abu dengan bentuk menyudut hingga dengan bentuk menyudut tanggung (*angular-subangular*), sortasi buruk, tingkat pelapukan sedang, tebal lapisan 1-3 m. Berdasarkan klasifikasi Schmid,

1981, dalam Fisher and Schmincke, 1983 litologi ini dinamakan breksi piroklastik.

Lalu diatas lapisan breksi piroklastik dijumpai litologi lapilituff yang memiliki warna abu – abu keputihan, *matrix supported*, massa dasar berupa tuff, butiran berukuran debu halus-kasar (1/16-2mm), selang seling dengan breksi piroklastik, dimensi ketebalan 50 cm - 150 cm, berdasarkan klasifikasi Schmid, 1981, dalam Fisher and Schmincke, 1983, dinamakan dengan lapilli tuff. Berdasarkan mekanisme pembentukannya, satuan ini terbentuk oleh mekanisme aliran piroklastika dan jatuhnya piroklastika seperti terlihat pada penampang litologi daerah kalipancur(STA20) lampiran 3.

Pada daerah Sepakung, terdapat endapan piroklastik yang memiliki warna coklat, memiliki fragmen berupa kerikil hingga kerakal, matriks tuff, terpilah buruk. Berdasarkan klasifikasi Fisher and Scmincke, 1983, litologi ini dinamakan breksi piroklastik.

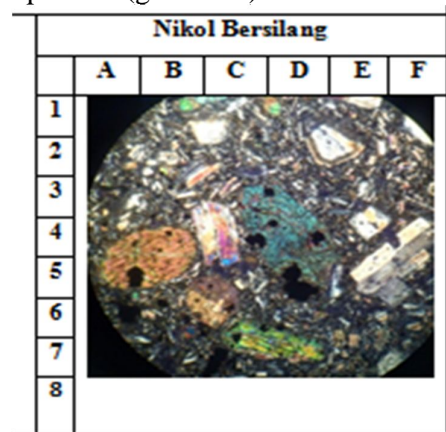
Lava

Satuan ini memiliki penyebaran yang luas di daerah penelitian. Memiliki penyebaran sekitar 47 % dari area G. Telomoyo dan sekitarnya. Karakteristik lava yang dijumpai di daerah penelitian memiliki ciri megaskopis berwarna abu – abu, struktur massif tekstur holokristalin, subhedral, porfiritik komposisinya terdiri dari plagioklas, dan hornblende. Karakteristik lava ini isa dijumpai di daerah lereng Gunung Telmoyo(STA 3), STA 8 dan STA 23.

Lalu pada daerah Tolokan, dijumpai karakteristik lava yang

berbeda dengan ciri – ciri berwarna abu – abu gelap, dijumpai lubang-lubang gas, holokristalin, porfiritik, dan komposisi utama yaitu plagioklas, horblende dan sedikit kuarsa.

Berdasarkan pengamatan petrografi litologi lava di STA 12 dan STA 3, tersusun oleh fenokris yang tertanam dalam massa dasar berupa mikrolit feldspar. Fenokris berupa mineral plagioklas 50% (F6), klinopiroksen 15% (D8), orthopiroksen 5%(B6), dan mineral opak 2% (gambar 5).



Gambar 5. Sayatan petrografi lava andesit STA 12 dengan pengamatan menggunakan perbesaran 4x.

Alluvial

Alluvial yang terdapat di daerah penelitian yaitu di Rawa Pening. Endapan ini tersebar di sungai – sungai yang mengalir ke rawa pening. Endapan ini berwarna abu – abu, sortasi buruk dan kemas terbuka dan terdapat soil hasil pelapukan lava andesit.

c. Fasies Vulkanik

Fasies Vulkanik daerah penelitian berdasarkan pembagian fasies gunungapi oleh Bogie & Mackenzie ,1998 terdiri dari 4 fasies vulkanik yaitu fasies sentral, fasies proksimal, fasies distal dan fasies

medial. Identifikasi fasies vulkanik daerah penelitian berdasarkan geomorfologi dan vulkanostratigrafi. Hasil dari identifikasi ini terlihat pada peta fasies vulkanik daerah Gunung Telomoyo dan sekitarnya pada lampiran 4.

Fasies Sentral

Fasies ini merupakan tempat keluarnya magma dari dalam bumi ke permukaan. Berdasarkan analisis litologi menurut klasifikasi fasies Bogie dan Mackenzie, fasies ini dicirikan dengan keterdapatannya batuan vulkanik berupa aliran lava. Pada daerah penelitian fasies ini terdapat di Gunung Kelir dan Gunung Telomoyo (Gambar 6).

Fasies Proksimal

Fasies ini merupakan kawasan gunungapi yang dekat dengan fasies sentral. Fasies ini pada peta topografi dicirikan dengan kontur yang rapat. Berdasarkan analisis litologi menurut klasifikasi fasies Bogie dan Mackenzie 1998, fasies ini sangat didominasi oleh litologi aliran lava, breksi vulkanik dan perselingan lava dengan batuan piroklastik. Pada daerah penelitian fasies ini terdapat pada daerah lereng G. Telomoyo, G. Gajah dan bagian timur dari daerah penelitian (Gambar 6).

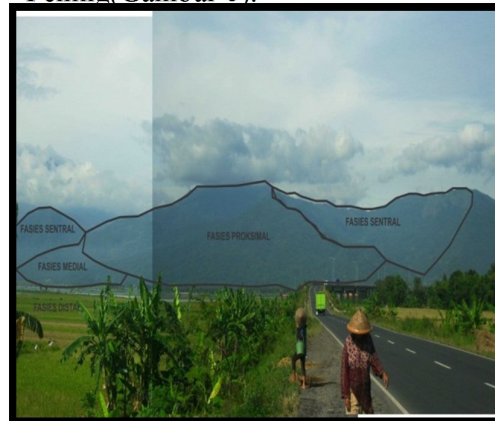
Fasies Medial

Fasies medial merupakan kawasan kaki gunungapi. Kenampakan pada peta topografi, kawasan ini memiliki kontur yang agak rapat dan berada di kawasan pemukiman dan pedesaan. Berdasarkan analisis litologi menurut klasifikasi fasies Bogie dan Mackenzie 1998, kawasan fasies medial ini memiliki litologi breksi vulkanik. Pada daerah penelitian daerah fasies ini terdapat di daerah

Candiumpul dan Candidukuh (Gambar 6).

Fasies Distal

Fasies distal merupakan kawasan yang berada didataran vulkanik. Kenampakan pada peta topografi, daerah ini memiliki kontur yang landai. Berdasarkan analisis vulkanostratigrafi, litologi yang dijumpai di fasies ini yaitu alluvial dan batuan non gunungapi, seperti endapan sungai atau endapan rawa. Pada daerah penelitian, daerah ini berada di Banyubiru dan Rawa Pening (Gambar 6).



Gambar 6. Kenampakan Fasies Vulkanik daerah penelitian menurut klasifikasi fasies Bogie dan Mackenzie 1998

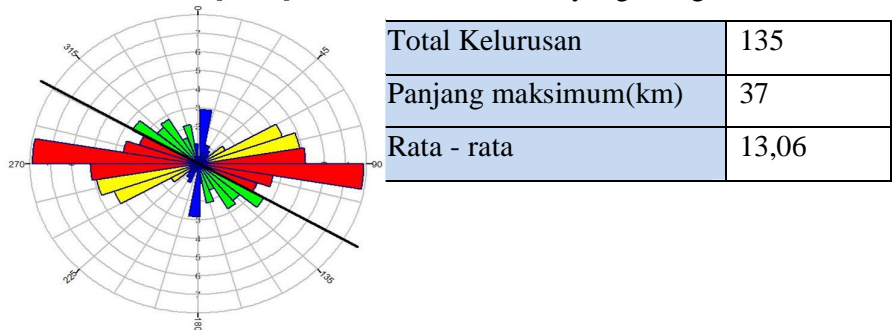
d. Struktur Geologi

Identifikasi struktur geologi daerah penelitian dilakukan dengan cara pengamatan pola kelurusan dari gabungan antara peta citra landsat 7+ETM dan peta DEM. Kelurusan dapat diartikan sebagai elemen linear geomorfologi yang merepresentasikan struktur geologi atau kontak litologi. Kenampakan kelurusan di permukaan bumi dicerminkan dengan adanya kelurusan morfologi yang disebabkan oleh relief, seperti kelurusan lembah, punggung, dan

sungai. Selain itu juga kelurusan rona yang disebabkan perbedaan kontras objek di permukaan bumi, seperti kelurusan vegetasi, perbedaan kelembaban dan warna tanah (Sidarto, 2010).

Berdasarkan hasil analisis penarikan kelurusan pada DEM dan citra landsat 7+ETM dan analisis diagram rose, didapatkan arah gaya relative yang bekerja pada daerah penelitian. Pola kelurusan yang terdapat pada daerah penelitian menggunakan analisis berbasis panjang yang didasarkan pada dimensi panjang kelurusan. Arah gaya umum yang terdapat di daerah penelitian yaitu barat – timur $N 80^{\circ} - 120^{\circ} / E$ dan $N 256^{\circ} - 300^{\circ} / E$. Arah umum struktur geologi ini sesuai

dengan pola struktur regional yaitu searah dengan pola Jawa yang relative berarah barat-timur. Selain arah umum ini, terdapat juga kelurusan berarah timurlaut-baratdaya $N 225^{\circ} / E - 250^{\circ} / E$ dan $N 45^{\circ} - 76^{\circ} / E$. Pola timurlaut – baratdaya ini diindakasi akibat dari pembentukan kaldera Gunung Soropati. Ketika tubuh Soropati semakin besar dan berat karena pembubungan magma, maka sebagian puncaknya menggelincir membuat struktur runtuh (*collapse*) dan gaya deformasi menyebar ke sekelilingnya, terutama ke arah timurlaut dan timur. Ini ditunjukkan terdapatnya beberapa lipatan – lipatan yang berada di Payung-Rong.



Gambar 7. Diagram Rose orientasi kelurusan struktur geologi daerah penelitian

Dari hasil penarikan kelurusan (lampiran 5) ini, juga dapat diketahui anomali kerapatan struktur dengan membuat peta *Fault Fracture Density (FFD)*. Kelurusan atau *lineament* diasumsikan berasosiasi dengan *fracture* atau *fault* di daerah panasbumi yang umumnya tertutup oleh manifestasi permukaan sehingga sulit teridentifikasi. *FFD* ini diasumsikan sebagai bidang lemah yang menjadi jalur pergerakan fluida termal sehingga dapat menjadi

petunjuk lokasi daerah permeabel atau *reservoir*. Dengan densitas struktur yang tinggi maka dimungkinkan pusat pergerakan fluida berada pada lokasi yang memiliki kerapatan struktur paling tinggi ini. Daerah dengan densitas struktur tinggi mempunyai jumlah kelurusan yang banyak. Daerah ini terletak pada kemiringan terjal – menengah, dan umumnya mengontrol manifestasi yang ada di sekitar daerah penelitian seperti

mataairpanas Candi Umbul, Candidukuh dan batuan alterasi pegunungan Kelir.

Dari hasil peta FFD (lampiran 7) yang telah dibuat, maka dapat diambil kesimpulan, daerah yang terdapat manifestasi panasbumi akan memiliki densitas struktur tinggi pada peta FFD, tetapi daerah yang densitas strukturnya tinggi pada peta FFD tidak akan selalu muncul manifestasi di permukaan. area prospek panasbumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya yang memiliki densitas struktur paling tinggi yaitu di daerah Kendal Duwur, Gunung Kelir, Candi Dukuh, dan Candi Umbul memanjang ke arah Selatan yang ditunjukkan dengan warna merah. Daerah ini merupakan daerah munculnya manifestasi panasbumi di Gunung Telomoyo. Sedangkan daerah yang memiliki kerapatan struktur rendah yaitu berada di daerah Rawapening, Banyubiru dan Kecamatan Grabag yang ditunjukkan dengan warna biru.

6.4 Sistem Panasbumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya

Model sistem panasbumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya dikonstruksi dari kondisi litologi, struktur geologi dan fasies vulkanik. Sumber panas atau *source rock* yang membentuk sistem panasbumi Gunung Telomoyo berasal dari magma yang berkomposisi andesit-basaltik. Magma ini bersifat encer dan cair, memiliki densitas tinggi karena konsentrasi mineral mafiknya. Karena sifat ini, magma ini naik permukaan melalui rekahan – rekahan sehingga membentuk kerucut Gunung Telomoyo yang sekarang ini. Magma yang tidak sampai ke permukaan, terperangkap

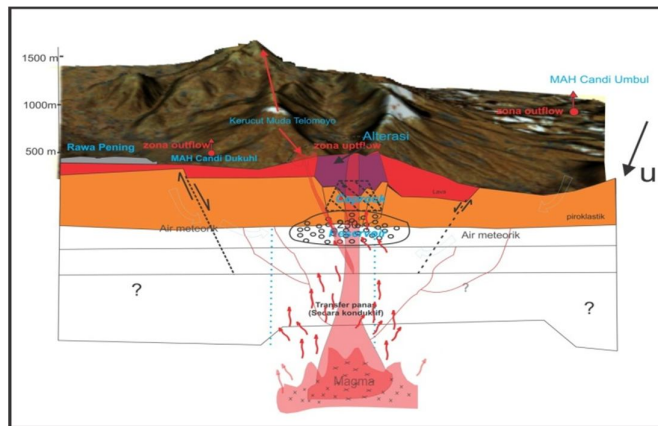
di kedalaman yang dangkal membentuk kantong – kantong magma, dan kantong magma ini nantinya akan kontak dengan batuan disekitar, dan akan melepas panas yang nantinya panas ini berinteraksi dengan air meteoric sehingga membentuk sistem panasbumi. Ini merupakan sumber panas (heat source) dari sistem panasbumi Gunung Telomoyo. Untuk mengetahui komposisi magma ini bisa dilihat dari pengamatan megaskopis dan mikroskopis litologi yang ada di Gunung Telomoyo.

Berdasarkan penyebaran batuan yang ada di daerah penelitian, reservoir sistem panasbumi Gunung Telomoyo kemungkinan terdapat di litologi batuan piroklastik. Batuan ini terdapat dibawah lava andesit yang tebal dan batuan ini memiliki porositas dan permeabilitas yang baik untuk mengalirkan fluida dengan porositas yang berupa rekahan – rekahan yang terjadi akibat struktur geologi.

Kehadiran alterasi bertipe argillik-argillik lanjut juga menunjukkan kisaran temperature reservoir bersuhu 200-300°C. Ini mengindikasikan adanya uap air yang mengalir langsung ke permukaan mengalami kondensasi dengan air tanah dan air permukaan yang menyebabkan terjadinya proses oksidasi yang mengubah H₂S menjadi H₂SO₄. (Trisna, 2013). Batuan yang teralterasi ini dapat menjadi *clay cap* dan menjadi zona penudung reservoir. Dengan adanya litologi lava andesit yang sangat tebal di jumpai di daerah penelitian yang memiliki permeabilitas yang buruk dan dapat menjadi batuan penudung yang sangat baik untuk

sistem panasbumi Telomoyo. Dengan terdapatnya beberapa manifestasi di Gunung Telomoyo, batuan ubahan yang terdapat di daerah kaldera Telomoyo diperkirakan daerah ini merupakan

zona *upflow* dan daerah Candi Umbul dan Candi Dukuh tempat munculnya air panas menjadi zona *outflow* (gambar 8).



Gambar 8 Model Konseptual Awal Sistem Panasbumi Gunung Telomoyo dan sekitarnya

VII. KESIMPULAN

1. Hasil interpretasi litologi yang didapatkan dari citra satelit landsat 7 ETM + dan kenampakan yang terlihat dilapangan terdiri dari 3 satuan dari urutan stratigrafi muda ke tua yaitu Alluvial, Satuan Lava, dan Satuan Breksi Piroklastik.
2. Struktur geologi daerah penelitian yang diidentifikasi melalui interpretasi citra, meliputi struktur sesar, kenampakan kaldera atau *collapse*, dan kelurusan dengan orientasi kelurusan struktur geologi hasil interpretasi visual dari integrasi citra satelit Landsat 7 ETM + band 457/RGB dan SRTM memiliki arah relatif Barat – Timur, Timurlaut – Baratdaya, dan Barat Laut – Tenggara.
3. Satuan geomorfologi yang ada di daerah penelitian terdiri dari 4 satuan, yaitu Satuan Bentuklahan Punggungan Kaldera, Satuan Bentuklahan Dataran Kaldera, Satuan Bentuklahan Dataran Kaki Gunungapi, Satuan Benuklahan Cekungan Rawa Belakang.
4. Daerah yang terdapat manifestasi panasbumi akan memiliki densitas struktur tinggi pada peta FFD, sedangkan daerah yang densitas strukturnya tinggi pada peta FFD tidak akan selalu muncul manifestasi di permukaan.
5. Berdasarkan peta *Fault Fracture Density* (FFD), daerah yang menunjukkan tingkat densitas struktur geologi tinggi yaitu Candiumbul, Candidukuh, Kendal Duwur, PegununganKelir dan Gunung Telomoyo..
6. Sistem panasbumi Gunung Telomoyo terbentuk pada magma andesit-basaltik dengan reservoir

terdapat pada batuan piroklastik dan batuan penudung berupa litologi lava andesit.

DAFTAR PUSTAKA

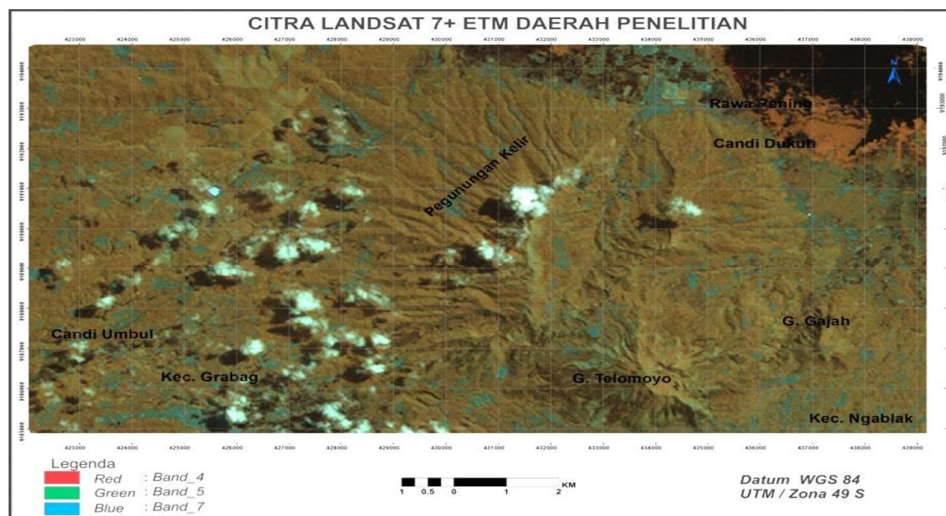
- Albab, Ali. 2012. *Identifikasi Struktur Geologi Menggunakan Integrasi Data Citra Satelite Landsat 7 ETM+ dan SRTM, studi Kasus Jawa Tengah Bagian Utara*. Skripsi, Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ananda, S.R., Pramumijoyo, S., Setianto, A., -, *Analisis dan Interpretasi Kelurusan Struktur Geologi Menggunakan Digital Elevation Model (DEM) ASTER Daerah Kecamatan Palu Timur dan Sigibiromaru, Kabupaten Donggala, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah*. Fakultas Teknik, Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bujung., Singarimbun., Muslim., Hirnawan., Sudrajat. 2011. *Identifikasi Prospek Pansbumi berdasarkan Fault Fracture Density (FFD) Studi Kasus Gunung Patuha, Jawa Barat*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Vol 2 Nomor 1. Halaman 67-75.
- Bronto, S., 2006. *Fasies gunungapi dan aplikasinya*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 59-71.
- Brahmantyo. B., dan Bandonu. 2006. *Geomorfologi pada Skala 1:25000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang*. Jurnal Geoaplika Vol. 1 Nomor 2, Halaman 71-78.
- Bemmelen, R. W. V., 1970, *The Geology of Indonesia, Vol. IA General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, Second Edition*, Martinus Nihloff, The Hague, Netherlands.
- Hermawan,D., Rezky. 2011, *Deliniasi Daerah Prospek Panasbumi berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat di Candi Umbul – Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah*, Buletin Pusat Sumber Daya Geologi, Vol 5 nomor 1.
- Hermawan, D., Widodo, Sri., dan Mulyadi,. E., 2012. *Sistem Panasbumi daerah Candi Umbul – Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi dan Geokimia*, Buletin Sumber Daya Geologi. Vol 7, Nomor 1.
- Satyana, Awang. 2010. *Soropoti – Telomoyo-Rawa Pening*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia – Indonesia.
- Sigid. 2004. *Estimasi Daerah Prospek Dan Interpretasi Kontrol Struktur Pada Sistem Pada Panasbumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah Berdasarkan Citra Setelite Thematic Mapper*. Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sidarto., 1999. *Geologi dan Prospek Panasbumi Gunung Rinjani, Lombok Hasil Penafsiran Citra Landsat*. Jurna; Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol IX hal 16.
- Sumintadireja, P., 2005. *Vulkanologi dan Geothermal*. Institut Tekonologi Bandung, Bandung.
- Supriatna, W., Sukartono. 2002 *Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit*, Buletin Teknik Pertanian. Vol 7, Nomor 1.
- Syabarudin, 2003. *Pemetaan Fasies Vulkanik pada Daerah Prospek Panasbumi Gunung Ungaran dan Sekitarnya, Kecamatan Ambarawa*,

Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Skripsi, Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

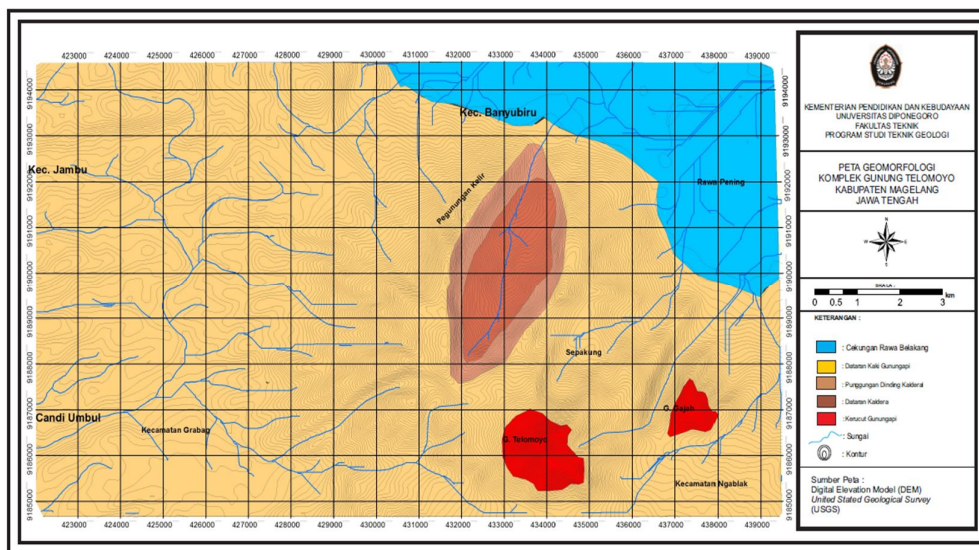
Thanden, R. E., Sumadirja, H. dan Richard, P. W., 1975, *Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang, Jawa Tengah, skala 1:100000*, Direktorat Geologi, Bandung.

Trisna, R., 2013. *Studi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi Berdasarkan Data Manifestasi Panasbumi, Geokimia Dan Isotop Fluida Panasbumi Komplek Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Skripsi in preparation.* Teknik Geologi. Universitas Diponegoro <http://www.usgs.glovis.us>

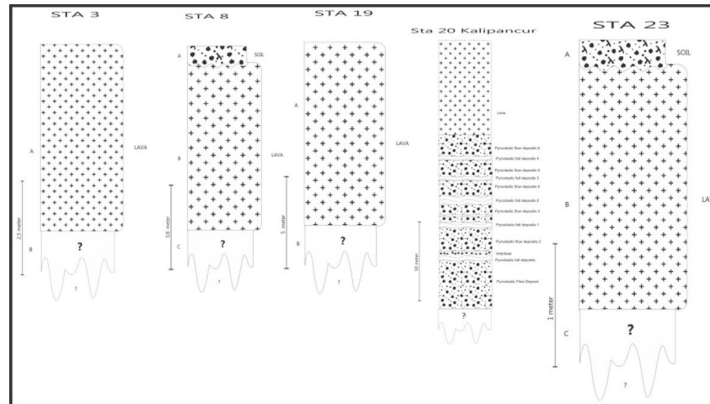
LAMPIRAN



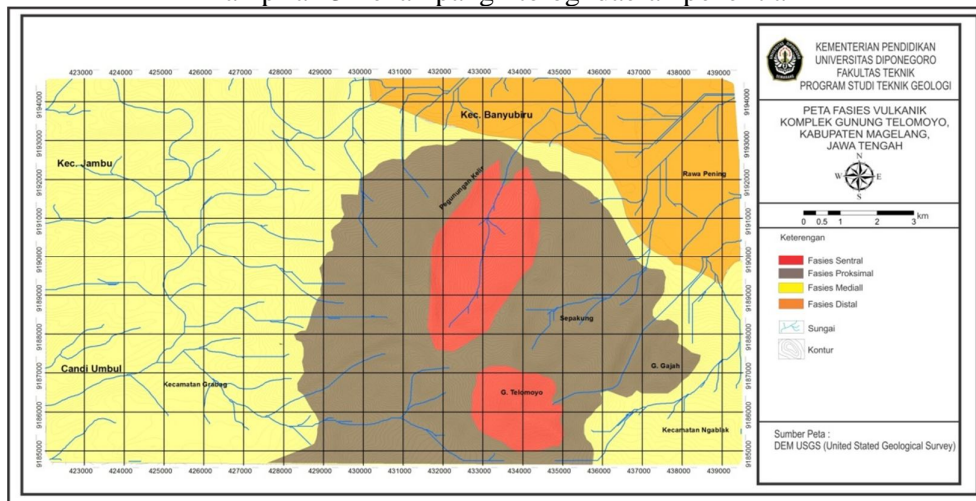
Lampiran 1. Citra komposit citra landsat 7+ETM saluran band 457 pada daerah penelitian



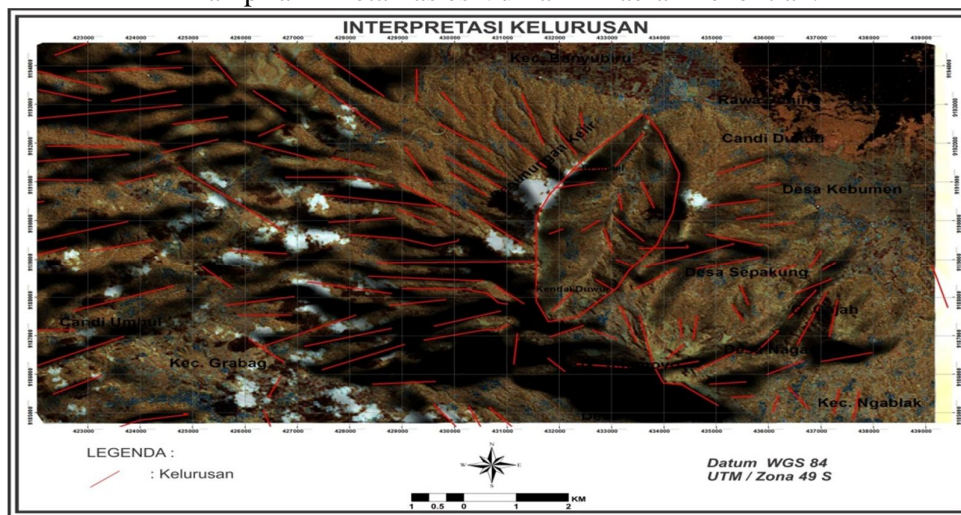
Lampiran 2. Peta Geomorfologi daerah penelitian.



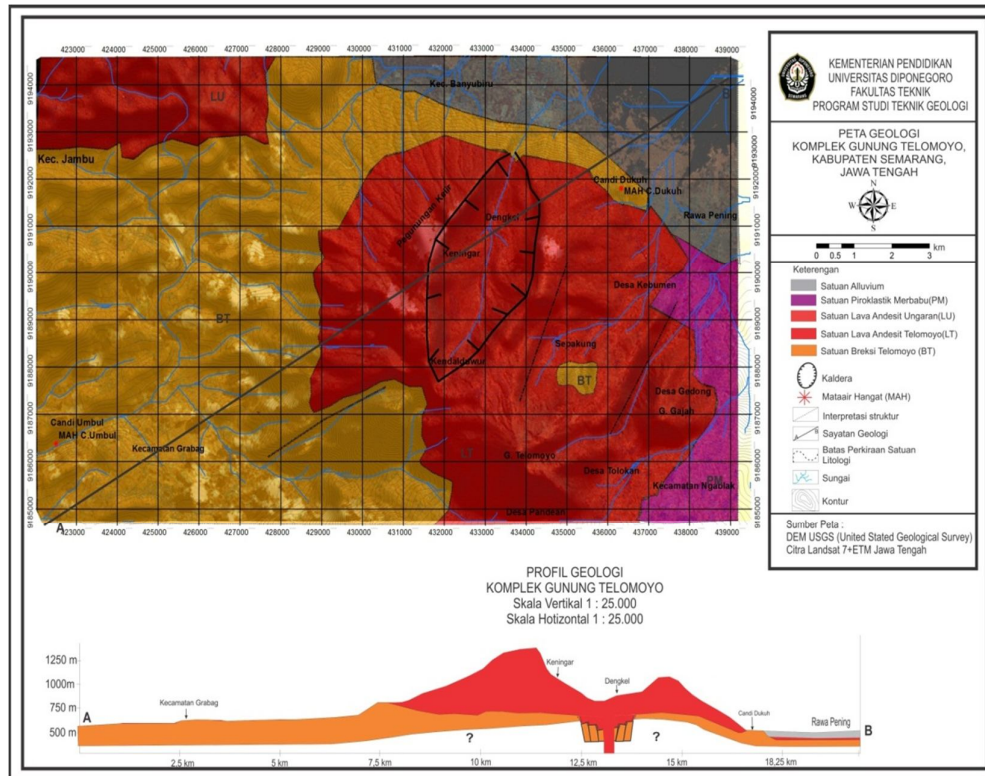
Lampiran 3 Penampang litologi daerah penelitian



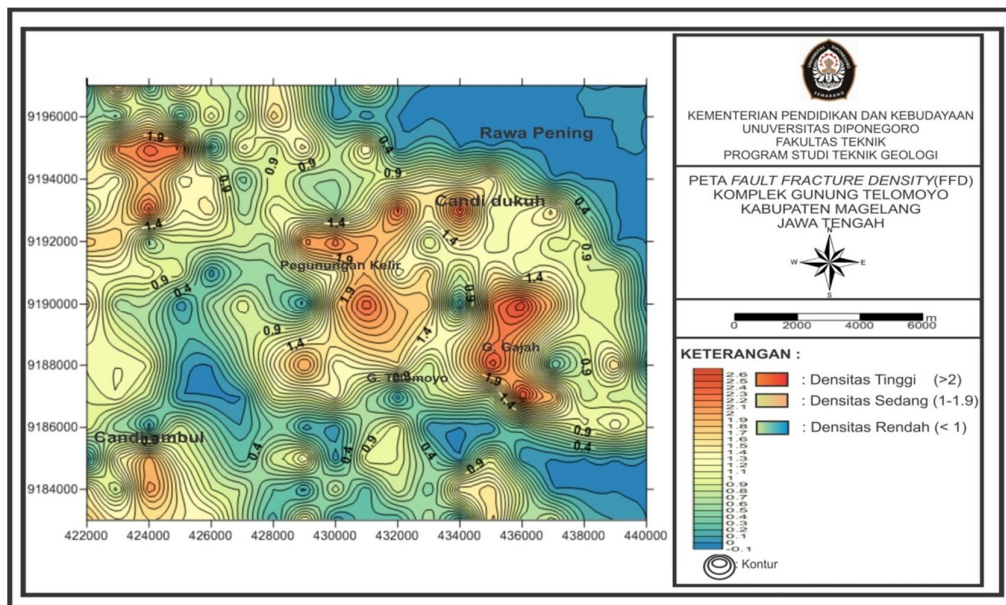
Lampiran 4 Peta Fasiaes Vulkanik Daerah Penelitian.



Lampiran 5 Interpretasi penarikan kelurusan daerah penelitian dengan menggunakan *overlay* citra landsat 7+ETM dan DEM



Lampiran 6 Peta Peta Geologi Daerah Penelitian.



Lampiran 7 Peta Fault Fracture Density (FFD) Gunung Telomoyo dan Sekitarnya