

INTERPRETASI KONDISI GEOLOGI WILAYAH VULKANIK MENGUNAKAN ANALISA CITRA SATELIT LANDSAT 8 (Daerah Studi: Gunung Penanggungan, Jawa Timur)

Hendra Bahar
Teknik Geologi - Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 – Surabaya
email: hendrabahar@itats.ac.id

ABSTRACT

Mount Penanggungan is one of the volcanoes that located in East Java Province, Indonesia, with the current status is a sleeping volcano. Although Mount Penanggungan is not active, it still make an interesting investigation in geological survey, especially to identify the lithological units, due that less researchers took place in Mount Penanggungan. Remote sensing imagery, such as Landsat 8 Satellite imagery series data has been used widely in geology for mapping lithology in general. Remote sensing provides information of the properties of the surface exploration targets that is potential in mapping lithological units. Remote sensing techniques are one of the standard procedures in exploration geology, due to it is high efficiency and low cost. Lithological mapping in Mount Penanggungan area is carried out by analisis Landsat 8 Satellite imagery data with image enhancement techniques, including RGB (red, green, blue) band composite, using band 5, 6, and 7, and band ratio using combination band 4/2, 5/6, dan 6/7. From Landsat 8 Satellite imagery, combines it with the results of surface geological mapping, showed that morphology are mountains, the lithological units are divided to 4 units, andesite boulder, tuf breccias, andesite lava, and andesite breccias.

Keywords: volcano, Landsat 8, analisis, geology.

ABSTRAK

Gunung Penanggungan merupakan salah satu gunungapi yang berada di Propinsi Jawa Timur, Indonesia, dengan kondisi saat ini sedang tidak aktif. Namun demikian penyelidikan terkait kondisi geologi akan selalu menarik dilakukan terutama terkait satuan litologi, karena belum banyak penelitian terdahulu di wilayah tersebut. Citra satelit Landsat 8 telah digunakan untuk dalam bidang geologi terutama untuk pemetaan. Citra satelit dapat memberi informasi karakteristik geologi permukaan suatu daerah dalam kaitannya untuk pemetaan satuan batuan. Interpretasi citra satelit berguna untuk indentifikasi awal eksplorasi geologi, karena efisien dan murah. Pemetaan geologi Gunung Penanggungan dengan analisa citra satelit Landsat 8 memakai teknik image enhancement, dengan kombinasi kanal menggunakan kanal 5, 6, dan 7 dalam susunan komposit merah, hijau, dan biru (red green blue/RGB) dan band ratio dengan kombinasi kanal RGB 4/2, 5/6, dan 6/7. Hasil interpretasi citra satelit Landsat 8 kemudian digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian merupakan morfologi pegunungan, litologi terdiri dari 4 (empat) jenis batuan, yaitu bongkah andesit, breksi tufan, lava andesit, dan breksi andesit.

Kata kunci: gunungapi, Landsat 8, analisis, geologi.

PENDAHULUAN

Gunung Penanggungan berada di antara dua kabupaten, yaitu Kabupaten Mojokerto (sisi barat) dan Kabupaten Pasuruan (sisi timur), berjarak kurang lebih 25 km dari Kota Surabaya, secara geografis terletak pada 07°36'50" Lintang Selatan dan 112°37'10" Bujur Timur. Citra satelit penginderaan jauh Landsat 8 diluncurkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan dikelola oleh *United States Geological Survey* (USGS) sebagai pengguna data. Berdasarkan *Data Format Control Book/DFCB* [1], citra satelit Landsat 8 yang beredar dan digunakan oleh masyarakat adalah citra satelit Landsat 8 Level 1T, pada citra ini telah diterapkan koreksi geometri sistematis, namun perlu dikoreksi radiometrik karena data berformat *Digital Number (DN)*. Koreksi atmosfer dibutuhkan untuk merubah data dari format *DN* ke radian atau reflektan. Terdapat 2 (dua) jenis produk luaran citra berformat reflektan yang dihasilkan, yaitu

Top of Atmosphere (TOA) atau reflektan yang tertangkap sensor dan *Bottom of Atmosphere (BOA)* atau reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer.

Kanal yang ada pada citra satelit Landsat 8 membantu dalam pembuatan citra komposit daerah penelitian yang berguna memperjelas kenampakan geologi di permukaan bumi yang tampak pada citra. Teknik pengolahan citra berupa kombinasi kanal (*color composite*), dan perbandingan kanal (*band ratio*). Dengan menginterpretasi sebaran batuan, serta struktur geologi dari citra Landsat 8 maka kondisi geologi Gunung Penanggungan dapat diketahui.

TINJAUAN PUSTAKA

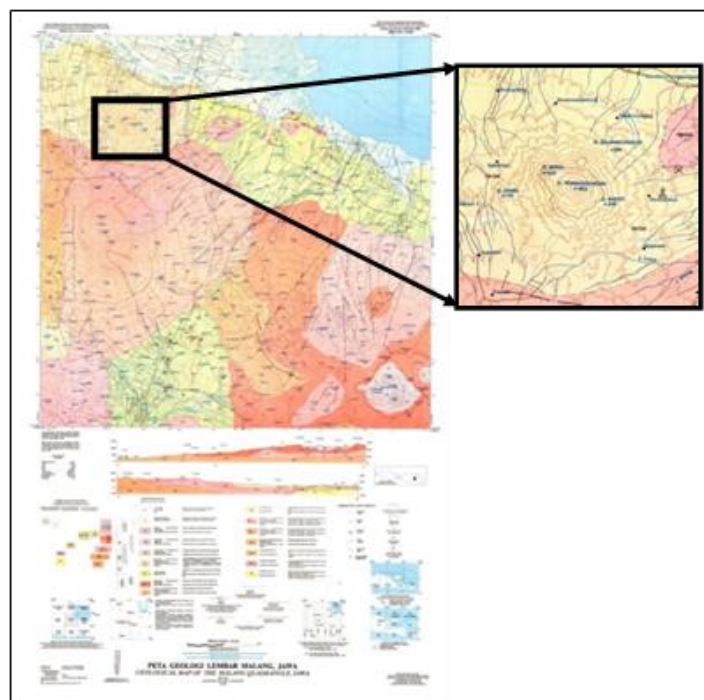
Geomorfologi Regional

Morfologi pada lokasi penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Malang [2], yaitu berupa pegunungan. Pegunungan menempati bagian timur, tenggara, barat, dan barat laut Peta Geologi Lembar Malang yang dicirikan oleh bentuk strato, berketinggian antara 600 – 2000 meter di atas muka air laut. Puncak di lokasi penelitian adalah Gunung Penanggungan (1653 m). Pola aliran sungai dendritik, radial, paralel, dan bersifat permanen hingga temporal. Kemiringan lereng berkisar 30° hingga 60°, serta ditempati dominan oleh batuan epiklastika dan piroklastika.

Stratigrafi Regional

Pada Peta Geologi Lembar Malang [2] tersingkap batuan klastika, epiklastika, piroklastika, dan aluvium, yang berumur Plistosen Awal – Resen. Satuan litologi yang menyusun wilayah penelitian terdiri dari:

- Satuan Batuan Gunungapi Kuartar Atas (Qvn), Gunung Penanggungan, yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat dan lahar, yakni merupakan endapan piroklastika parasit pada lereng Gunung Welirang dan Gunung Kawi dengan umurnya diperkirakan Holosen.
- Satuan Batuan Gunungapi Kuartar Tengah (Qpr), Gunung Ringgit, yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuf, aglomerat dan lahar, merupakan endapan piroklastika bersifat intermediet hingga agak basa. Umurnya diperkirakan Plistosen Tengah sampai Plistosen Akhir bagian awal.



Gambar 1. Stratigrafi regional lokasi penelitian. [2]

Satelit Penginderaan Jauh Landsat 8

Program Landsat adalah program untuk mendapatkan citra bumi dari luar angkasa. Satelit Landsat pertama diluncurkan pada tahun 1972 dan yang paling akhir Landsat 8 [1]. *Landsat Data Continuity Mission (LDCM)* atau dikenal juga dengan nama Landsat 8 merupakan satelit generasi terbaru dari Program Landsat. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center* dan diluncurkan pada hari Senin, 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California - Amerika Serikat. Satelit Landsat 8 yang direncanakan mempunyai durasi misi selama 5 – 10 tahun ini, dilengkapi dua sensor yang merupakan hasil pengembangan dari sensor yang terdapat pada satelit-satelit program Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu:

1. *Onboard Operational Land Imager (OLI)* pada Landsat 8 yang merupakan buatan *Ball Aerospace*. Sistem sensor ini memiliki 9 (sembilan) kanal dan terdapat 2 (dua) kanal yang baru, yaitu: *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* (0,433 – 0,453 mikrometer) untuk deteksi wilayah pesisir dan *Shortwave-InfraRed Cirrus Band* (1,360 – 1,390 mikrometer) untuk deteksi awan cirrus.
2. *Sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS)*. Sensor ini dibuat oleh NASA *Goddard Space Flight Center*, terdapat 2 (dua) kanal pada region *thermal* yang mempunyai resolusi spasial 100 meter.

Dibandingkan versi sebelumnya, Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi kanal-kanal yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 (tiga) warna dasar, yaitu *Red*, *Green* dan *Blue (RGB)*. Dengan makin banyaknya kanal sebagai penyusun komposit *RGB*, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi [3].

Identifikasi dan Deliniasi Litologi pada Citra Satelit

Identifikasi obyek serta parameter jenis-jenis batuan dan penyebaran satuan batuan pada citra dilakukan secara fotomorfik artinya mengandalkan apa yang nampak pada citra, dengan menggunakan unsur-unsur dasar penafsiran citra yaitu; rona warna, tekstur, bentuk, pola, ukuran, dan asosiasi.

Penarikan (deliniasi) batas sebaran batuan (litologi) atau satuan batuan pada citra dapat dilakukan dengan mendasarkan sifat-sifat dari fotomorfik citra, yaitu antara lain mendasarkan pada kenampakan rona warna yang sama, tekstur yang sama, pola atau bentuk yang sama, atau berdasarkan hubungan diantara asosiasi rona warna, tekstur dan bentuk obyek geologi di dalam citra. Satuan batuan beku diinterpretasikan sebagai suatu tubuh atau bentuk objek di permukaan bumi yang memiliki bentuk kerucut dengan pola pengaliran umumnya berbentuk radial. Tubuh intrusi *basaltic* ataupun *granitic* dapat disimpulkan dari hadirnya bentukan kubah berupa bukit tersendiri di dalam suatu lingkungan relief pedataran atau perbukitan.

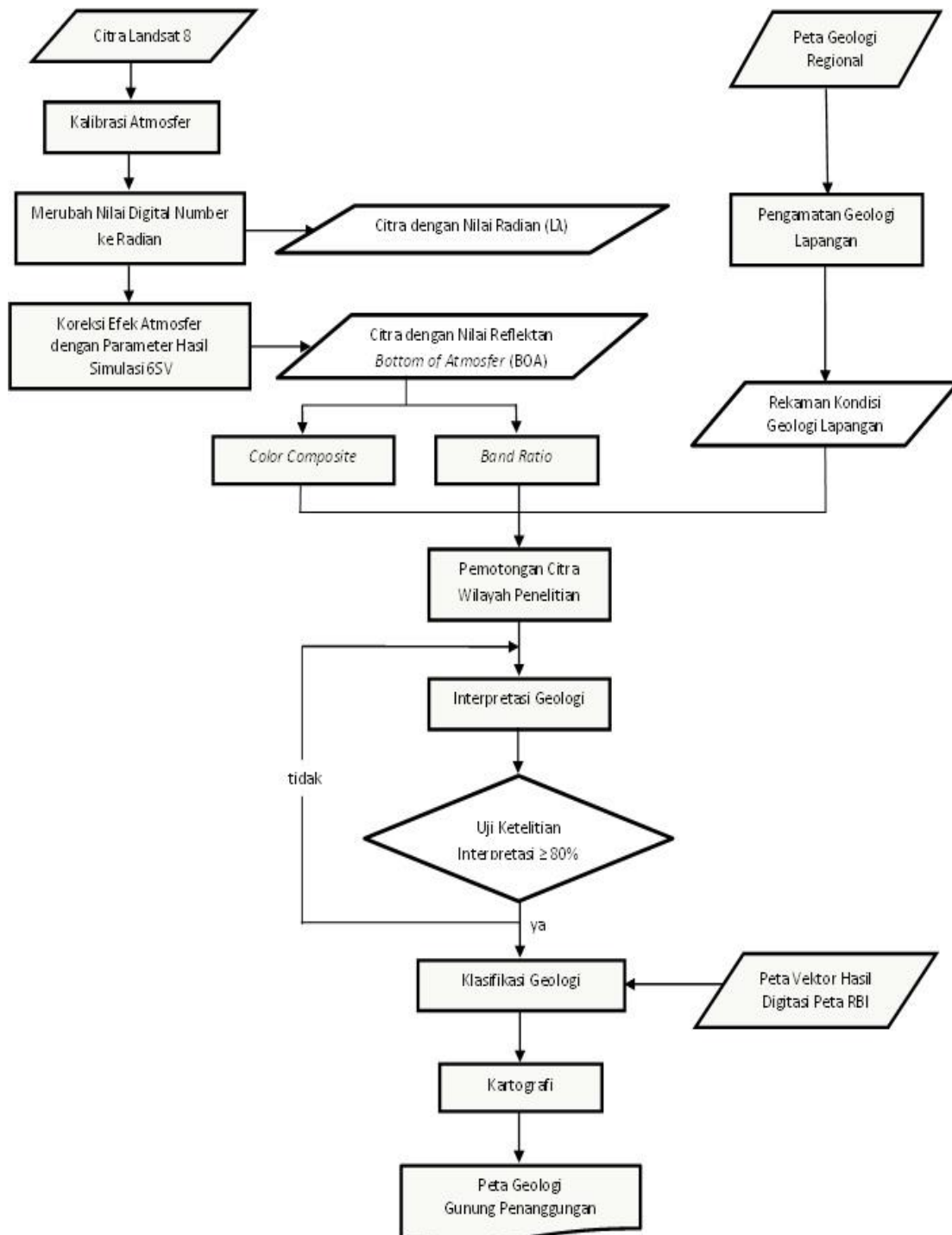
Metode penajaman citra Landsat 8 yang digunakan adalah *color composite* (penggabungan warna) dengan memakai kanal 5, 6, dan 7 sebagai RGB (*red*, *green*, dan *blue*) [4], serta *band ratio* yang digunakan dengan kombinasi kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 sebagai RGB (*red*, *green*, dan *blue*) [5].

METODE

Metodologi penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Koreksi Radiometrik
Merupakan tahapan dasar yang penting dalam pengolahan citra satelit Landsat 8. Landsat 8 ini berada pada Level 1T (terkoreksi *terrain*), sehingga citra tidak perlu dikoreksi geometrik. Koreksi radiometrik terbagi menjadi dua tahapan yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Proses kalibrasi radiometrik pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak VISAT 5.0 dengan beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu:
 - a) Merubah nilai *Digital Number (DN)* ke radian ($L\lambda$).
 - b) Merubah nilai *Digital Number (DN)* ke reflektan ($\rho\lambda$).
 - c) Merubah nilai reflektan ($\rho\lambda$) ke reflektan terkoreksi sudut matahari ($\rho\lambda^*$).
2. Koreksi Atmosfir

Untuk mendapatkan nilai reflektan *BOA*, citra yang telah berformat radian, dilakukan proses koreksi atmosfer untuk mendapatkan parameter nilai koreksi. Proses ini menggunakan *6S Code* untuk mendapatkan parameter xa , xb , dan xc tersebut, untuk menghasilkan citra reflektan *BOA* terkoreksi atmosfer.



Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian

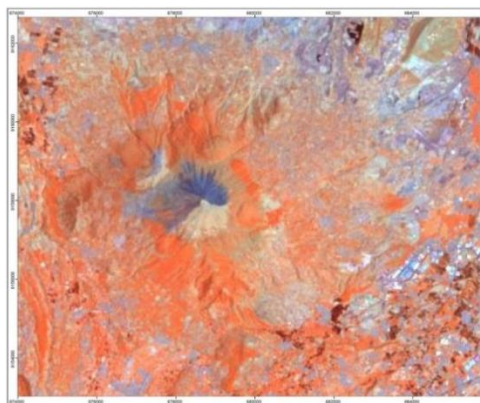
3. Penajaman Citra

- a) Kombinasi saluran citra Landsat 8 menggunakan kombinasi kanal 5, 6, dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau, dan biru (*red green blue*/RGB) [4]. Kanal 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah. Citra ini akan menghasilkan citra komposit dengan warna

- semu (*pseudocolor*). Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini.
- b) *Band ratio* yang digunakan dengan kombinasi kanal Landsat 8 warna merah, hijau, dan biru (*red green blue/RGB*) yaitu kombinasi kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 [5].
4. Peta Geologi Regional
Peta Geologi Regional digunakan sebagai pedoman awal kondisi geologi hasil penelitian terdahulu. Berdasarkan peta tersebut kemudian ditentukan titik-titik lokasi untuk pengamatan langsung di lapangan.
 5. Pengamatan Geologi Lapangan
Pengamatan geologi lapangan berupa deskripsi kondisi geologi yang dijumpai beserta plotting lokasi sampel dan dokumentasi kondisi lapangan. Hasilnya berupa rekaman pengamatan geologi lapangan lokasi penelitian.
 6. Pemotongan Citra
Citra satelit Landsat 8 berada pada suatu lembar yang cakupan wilayahnya cukup luas. Untuk membahas kondisi geologi daerah penelitian maka dilakukan proses pemotongan (*cropping*) sesuai batas daerah penelitian.
 7. Interpretasi Geologi
Berdasarkan penggabungan hasil olah citra Landsat 8 dan rekaman pengamatan geologi lapangan maka dilakukan interpretasi geologi di lokasi penelitian. Interpretasi ini mendeskripsikan batas-batas satuan/jenis litologi dan kondisi geologi lainnya. Untuk ketelitian hasil interpretasi dilakukan uji ketelitian terhadap interpretasi geologi tersebut.
 8. Klasifikasi Citra
Klasifikasi citra menggunakan hasil interpretasi geologi untuk menentukan zona-zona wilayah dengan kondisi geologi tertentu.
 9. Citra Terklasifikasi
Citra terklasifikasi kemudian digabungkan dengan peta vektor hasil digitasi Peta RBI untuk mendapatkan hasil klasifikasi yang maksimal.
 10. Peta Geologi
Setelah dilakukan pemotongan pada citra yang telah terklasifikasi, peta diubah ke dalam format vektor, menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* 10.1 yang dilanjutkan dengan proses kartografi untuk menghasilkan tampilan Peta Geologi Gunung Penanggungan.

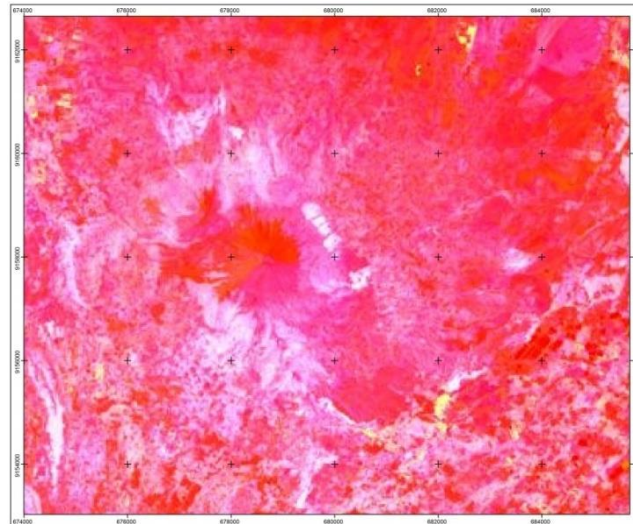
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi kanal (*color composite*) citra Landsat 8 menggunakan kombinasi kanal 5, 6, dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau, dan biru (*red green,blue/RGB*). Kanal 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah. Citra ini akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*). Kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari citra komposit ini (gambar 3).



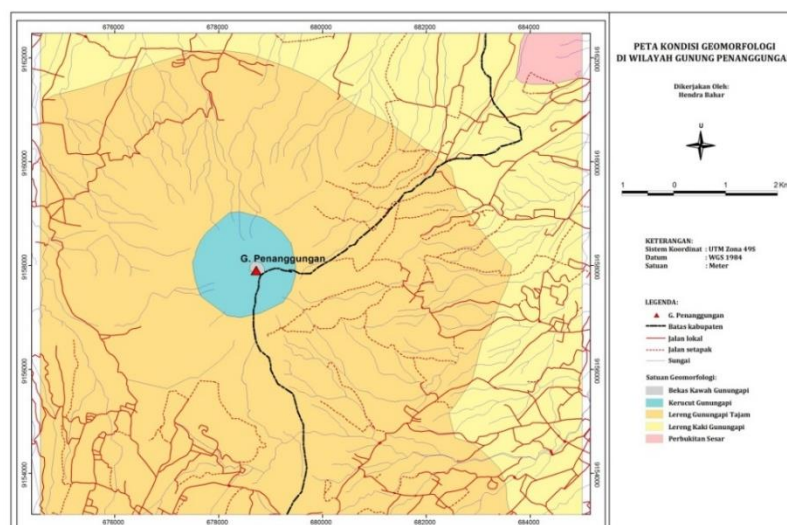
Gambar 3. Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer *BOA*, dengan RGB kanal 5, 6, dan 7 untuk interpretasi geologi

Pengamatan visual citra Landsat 8 digunakan untuk menginterpretasi kondisi geologi dan geomorfologi daerah penelitian. Identifikasi bentuk-bentuk melingkar dilakukan untuk mengetahui bentukan morfologi hasil aktivitas gunung api (vulkanik). Keberadaan gunung api diketahui dari identifikasi bentukan kawah, kubah lava, intrusi, dan sebaran produk gunung api itu sendiri. Penarikan batas didasarkan pada rona, tekstur, bentuk, pola, lokasi dan asosiasinya, dengan menggunakan citra komposit 5, 6, 7 dan *band ratio* dengan kombinasi kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 sebagai kanal RGB (*red*, *green*, dan *blue*). Untuk tampilan citra Landsat 8 kombinasi *band ratio* dapat dilihat pada gambar 4.



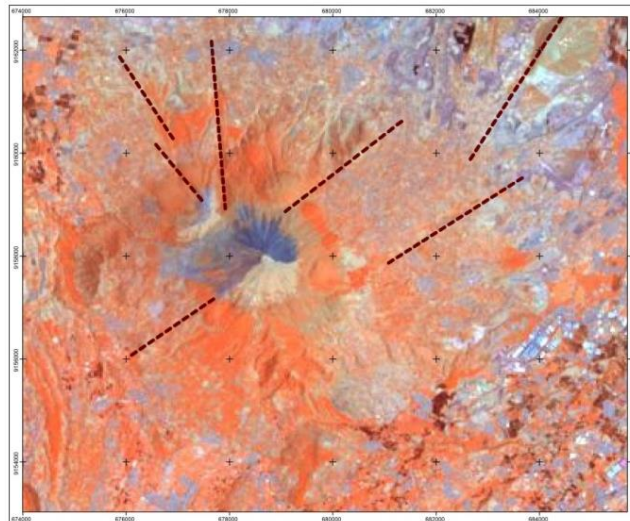
Gambar 4. Citra Landsat 8 terkalibrasi atmosfer BOA, dengan *band ratio* RGB kanal 4/2, 5/6, dan 6/7 untuk interpretasi geologi

Pengamatan morfologi daerah penelitian menggunakan citra Landsat 8 yang telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik. Dari pengamatan citra satelit Landsat 8 serta digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian memiliki morfologi pegunungan, terbagi dalam; puncak gunungapi (berupa daerah bekas kawah gunung), kerucut gunungapi, lereng gunung api tajam, lereng kaki gunungapi, serta perbukitan sesar (gambar 5).



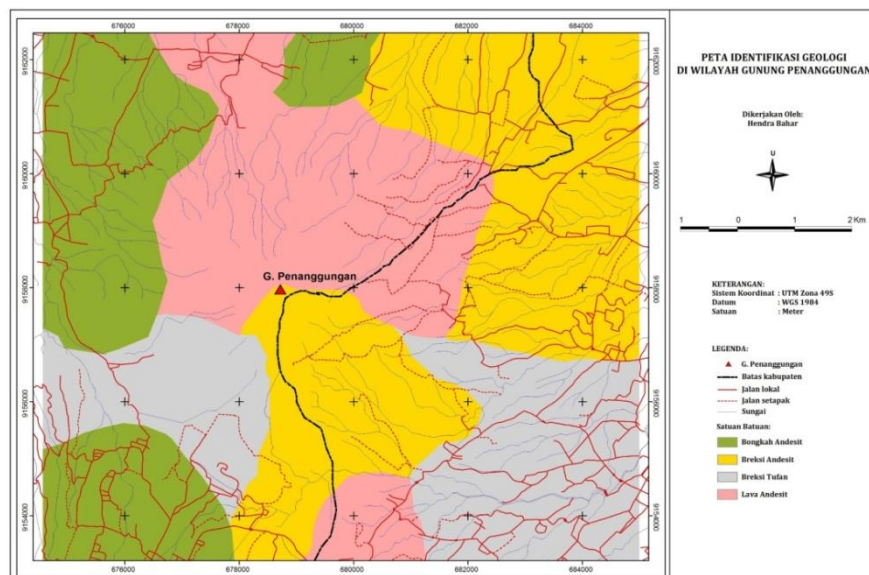
Gambar 5. Peta Geomorfologi daerah penelitian hasil klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geomorfologi lapangan.

Penarikan batas litologi dilakukan dengan cara mengidentifikasi karakteristik yang terlihat dari citra. Penarikan batas didasarkan pada rona, tekstur, bentuk, pola, lokasi dan asosiasinya. Pada citra juga dapat diketahui beberapa pola kelurusan (*lineament*) yang bisa diinterpretasi sebagai adanya pola struktur geologi yang berkembang (gambar 6).



Gambar 6. Keberadaan kelurusan (*lineament*) ditandai garis putus-putus warna hitam pada citra Landsat 8 dengan komposit warna kanal 5, 6, dan 7 sebagai RGB

Interpretasi secara visual pada citra telah berhasil mengidentifikasi beberapa jenis batuan, diantaranya sebaran batuan lava dan piroklastik, yang merupakan satuan batuan asal gunungapi, menghasilkan Peta Identifikasi Geologi (gambar 7).



Gambar 7. Peta Geologi daerah penelitian hasil klasifikasi citra Landsat 8 dan hasil pengamatan geologi lapangan

Batuan lava andesit dikenali dari ronanya yang berwarna gelap, tekstur kasar, dan pola pengaliran yang berpola radial, batuan lava ini merupakan bagian dari bekas kawah dan aliran lava. Batuan piroklastik, breksi andesit dapat diidentifikasi dari ronanya yang berwarna terang, tekstur kasar sampai dengan halus, bentuk memanjang, memiliki pola pengaliran radial, anular, dan menempati morfologi kerucut gunungapi serta lereng gunungapi yang tajam sebelah timur laut. Batuan piroklastik breksi tufan diidentifikasi dengan warna terang, tekstur sedang sampai dengan

halus, memiliki pola aliran radial dan anular, berada pada morfologi lereng gunungapi tajam dan kaki gunungapi. Batuan piroklastik bongkah andesit, merupakan material yang terbentuk hasil rombakan batuan sebelumnya karena proses vulkanisme, batuan ini diidentifikasi dengan warna terang, tekstur sedang sampai dengan halus, memiliki pola aliran anular dan dendritik, berada pada morfologi lereng gunungapi tajam, di sebelah barat lokasi penelitian.

KESIMPULAN

1. Citra satelit Landsat 8 dengan kombinasi kanal (*color composite*) 5, 6, dan 7 sebagai kanal RGB akan menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*), kanal tersebut merupakan kanal infra merah, kemudian digabungkan dengan kombinasi kanal *band ratio* 4/2, 5/6, dan 6/7 sebagai kanal RGB, kanal-kanal ini peka terhadap perubahan jenis batuan sehingga sebaran batuan dapat diidentifikasi dari komposit kanal citra satelit Landsat 8 ini.
2. Dari pengamatan citra satelit Landsat 8 serta digabungkan dengan hasil pengamatan geologi lapangan, terlihat bahwa di daerah penelitian memiliki morfologi pegunungan, terbagi dalam; puncak gunungapi (berupa daerah bekas kawah gunung), kerucut gunungapi, lereng gunungapi tajam, lereng kaki gunungapi, serta perbukitan sesar.
3. Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit Landsat 8 maka litologi penyusun lokasi penelitian secara umum terdiri dari 4 (empat) jenis batuan, yaitu; bongkah andesit, breksi tufan, lava andesit, dan breksi andesit. Batuan tersebut merupakan produk hasil vulkanisme Gunung Penanggungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] USGS, 2012, *Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Level 1T Data Format Control Book (DFCB) version 6.0*, Departement of the Interior U. S. Geological Survey, South Dakota.
- [2] Santosa, S., dan Suwarti, T., 1992, Peta Geologi Lembar Malang, Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [3] USGS, 2013, <URL: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>, dikunjungi pada tanggal 23 September 2017, jam 20.05.
- [4] Ali, A. S. O., dan Pour, A. B., 2014, *Lithological mapping and hydrothermal alteration using Landsat 8 data: a case study ariab mining district, red sea hills, Sudan*, *International Journal of Basic and Applied Sciences*, Science Publishing Corp.
- [5] Arunachalam, M., Udhayaraj, A. D., Jacob, A., NarenPrabakaran, V. P., Vasanth, M. S., dan Saravanavel, J., 2014, *Hydrothermal Mineral Alteration Mapping in Parts of Northwestern Tamil Nadu, India - using Geospatial Technology*, *ISRS Proceeding Papers of Sort Interactive Session ISPRS TC VIII, International Symposium on Operational Remote Sensing Applications: Opportunities, Progress and Challenges*, India.