

Optimizing Remote Sensing Data for Guiding Geothermal Exploration

Rial Dwi Martasari^{1,2}, Yunus Daud^{2,3} and Suwijanto Tarmidi¹

¹PT. NewQuest Geotechnology, Indonesia

²Master Program in Geothermal Exploration, Graduate Program of Physical Science, The University of Indonesia

³Geothermal Laboratory, Department of Physics, The University of Indonesia

rial.dwimartasari@newquest-geotechnology.com

Keywords: Remote Sensing, geothermal exploration

ABSTRACT

Geothermal exploration is a crucial step in geothermal system development sequences. This step is costly and requires quite long times, especially for large coverage survey area. Accordingly, appropriate methods need to be applied before and during field survey to keep this step effective. One of the methods that can be used as a guidance in conducting more effective geothermal field survey is Remote Sensing. Remote sensing data can contribute to rock unit determination, geological structure identification and surface manifestation recognition. These contributions can act as useful clues to guide in constructing of geological, geochemical and geophysical survey design. This new field survey design is proposed to give better result in data distribution that can lead to better and more representative data interpretation. We have applied this method in several geothermal prospect areas. Field survey with previous design (without remote sensing method) took 2 months longer survey period than other surveys with remote sensing method. The data distributions were also less representative than the ones with remote sensing guidance. These facts proved that remote sensing is an appropriate method to guide more effective field survey for geothermal exploration.

PENDAHULUAN

Sumberdaya panasbumi umumnya berada di daerah vulkanik yang memungkinkan dapat terbentuknya suatu sistem panasbumi di bawah permukaan bumi. Manifestasi panasbumi dapat muncul di permukaan akibat adanya fluida panas dari bawah permukaan bumi mendesak ke atas untuk penyesuaian tekanan yang difasilitasi oleh adanya sistem struktur geologi yang dapat berupa kekar, sesar dan patahan pada struktur perlapisan bumi. Manifestasi panasbumi di permukaan bumi dapat berupa fumarole, mataair panas, kubangan lumpur panas (*mud pools*), geyser dan lain-lain. Selain struktur geologi aspek geologi yang berperan menentukan keberadaan suatu sistem panasbumi adalah persebaran batuan dan alterasi batuan. Alterasi batuan ini dapat terjadi karena terdapat aktifitas fluida panas di bawah permukaan. Untuk mengetahui hal tersebut sangat perlu dilakukan kegiatan lapangan untuk memetakan persebarannya.

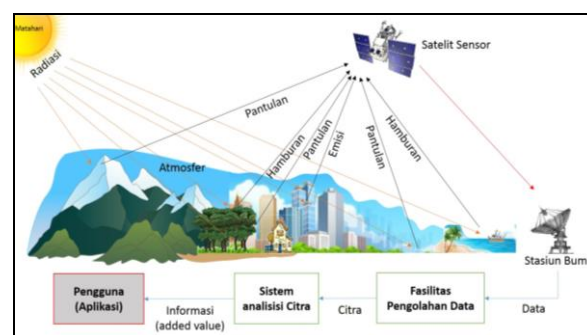
Kegiatan peninjauan di lapangan (*field checking*) merupakan suatu fundamental yang kuat dalam kegiatan eksplorasi, namun kegiatan tersebut tentu saja membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi untuk mencapai tingkat akurasi yang baik. Saat ini metoda *remote sensing* atau penginderaan jauh telah menjadi satu alat eksplorasi yang berperan dalam menunjang kegiatan tersebut. Keunggulan metode ini adalah dapat menentukan zona-zona yang diperkirakan prospek sebelum melakukan peninjauan langsung di lapangan.

Secara klimatologi kawasan Asia Tenggara hampir seluruhnya memiliki iklim tropis di mana vegetasi tumbuh dengan lebat dan tingkat erosi berlangsung sangat intensif. Suatu tantangan tersendiri untuk melakukan penelitian menggunakan *remote sensing* pada daerah yang memiliki vegetasi lebat, hal tersebut tentu akan sangat membantu kegiatan-kegiatan eksplorasi lainnya di wilayah beriklim tropis.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk membantu dalam melakukan kegiatan lapangan agar dapat menginterpretasikan wilayah panasbumi secara keseluruhan dengan waktu yang singkat dan biaya lebih kecil.

DATA REMOTE SENSING

Penginderaan jauh didefinisikan sebagai suatu metoda untuk mengenal dan menentukan obyek di permukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan obyek tersebut. Pada tahun 1972 satelit ERTS-1 (sekarang dikenal dengan Landsat) untuk pertama kali diorbitkan Amerika Serikat. Satelit ini dikenal dengan satelit sumber alam karena fungsinya adalah untuk memetakan potensi sumber alam dan memantau kondisi lingkungan. Para praktisi dari berbagai bidang ilmu mencoba memanfaatkan data Landsat untuk menunjang program pemetaan, dalam waktu singkat disimpulkan bahwa data satelit tersebut potensial untuk menunjang program pemetaan dalam lingkup sangat luas. Penggunaan data satelit penginderaan jauh di bidang kebumihutan telah banyak dilakukan di negara maju untuk keperluan pemetaan geologi, eksplorasi mineral dan energi, bencana alam dan sebagainya.



Gambar 1. Komponen Penginderaan Jauh: (1). Sumber Energi (matahari); (2). Target (obyek di permukaan bumi); (3). Atmosfir (media transmisi); dan (4). Sensor (alat perekam).

Empat komponen dasar dari sistem Penginderaan Jauh adalah target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor (Gambar 1). Komponen dalam sistem ini bekerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh obyek tersebut. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target

dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data akan dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra. Citra ini kemudian diinterpretasi untuk menyarikan informasi mengenai target. Proses interpretasi biasanya berupa gabungan antara visual dan *automatic* dengan bantuan komputer dan perangkat lunak pengolah citra.

Ciri khas dari citra Landsat 7 dengan sensor ETM+ dengan 8 kanal panjang gelombang (*band*). Masing-masing kanal yang terdapat pada sensor ETM+ mempunyai kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda dalam menangkap pancaran gelombang elektromagnetik dari obyek di permukaan bumi. Tiap kanal pada Landsat 7+ ETM memiliki ukuran panjang gelombang karakteristik tersendiri. Data yang digunakan dalam analisis Landsat 7+ETM adalah data pada band 4, band 5 dan band 7 untuk mendapatkan kombinasi yang cukup baik dalam analisis persebaran litologi untuk menghasilkan peta vulkanostratigrafi, persebaran struktur yang mengontrol daerah telitian serta dapat mengidentifikasi persebaran alterasi yang nampak.

Saat ini sudah diluncurkan landsat terbaru yang diberi nama landsat 8 yang dapat diakses secara komersial. Satelit landsat 8 ini memiliki sensor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah band sebanyak 11 buah. Di antara band-band tersebut, 9 band (band 1-9) berada pada panjang gelombang OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar band memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7. Jika menggunakan landsat ini kombinasi band untuk warna RGB adalah band 5, 6 dan 7.

Perbedaannya pada kedua versi tersebut tidak terlalu banyak (Tabel 1). Karakteristik persamaan dan perbedaannya antara lain :

Tabel 1. Perbedaan Landsat 7 dan Landsat 8

Landsat 7		Landsat 8	
Jenis Band	Resolusi (m)	Jenis Band	Resolusi (m)
		Band 1	30
Band 1	30	Band 2	30
Band 2	30	Band 3	30
Band 3	30	Band 4	30
Band 4	30	Band 5	30
Band 5	30	Band 6	30
Band 7	30	Band 7	30
Band 8	15	Band 8	15
		Band 9	30
Band 6	60	Band 10	100
		Band 11	100

PEMROSESAN DATA REMOTE SENSING

Data *remote sensing* yang dilakukan pemrosesan yaitu data topografi ASTER dan data landsat. Data topografi ASTER (*The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) sendiri memiliki resolusi 15 meter. Dalam pengolahannya menggunakan software *Global Mapper* versi 15. Data ini merupakan data *open source* yang

dapat di download secara bebas. Pengolahan pada software *Global Mapper* hanya untuk meng-ekspor menjadi tipe file (JPG yang memiliki koordinat) yang dapat di baca pada software MapInfo, software yang digunakan untuk mengolah data selanjutnya

Data Citra Landat yang umum dipergunakan adalah Landsat 7 dan Landsat 8. Data awal dapat di akses secara komersial pada website *United States of Geological Service (USGS)*. Komposisi warna RGB yang dipergunakan jika menggunakan landsat 7 adalah band 4, 5 dan 7, sedangkan jika menggunakan landsat 8 perpaduan band yang digunakan adalah band 5, 6 dan 7. Band-band tersebut memiliki sifat yang sensitif dalam menangkap sinyal yang dipancarkan oleh klorofil dari vegetasi sehingga dapat mengidentifikasi keberadaan alterasi batuan dengan baik. Pemrosesan data ini dapat dilakukan dengan bantuan beberapa *software* yang menunjang, seperti ERMapper, ILWIS, IDRISI, ERDAS, PCI, ENVI dan lain-lain yang dapat dipergunakan sebagai pilihan. Dalam penelitian ini *software* yang dipergunakan adalah ERMapper. Setelah dilakukan kombinasi band untuk mendapatkan warna yang maksimal dan dapat mempermudah dalam interpretasi dapat dilakukan pengaturan histogram warna sampai mendapatkan warna yang memiliki kontras yang maksimal.

Coordinate system pada software ERMapper ini selalu menggunakan UTM dengan zona utara (N) sehingga harap diperhatikan ketika akan mengimport data output dari *software* ini. Output dari pemrosesan ini adalah data dengan tipe .ers atau .alg agar dapat dibaca pada *Software* MapInfo.

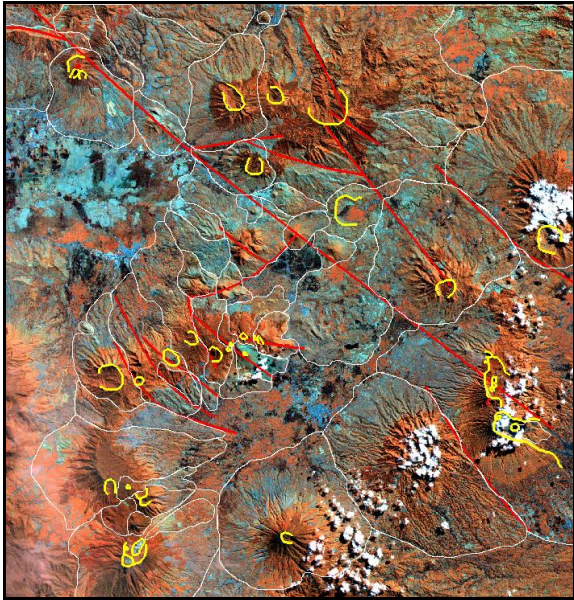
Dengan menggunakan data-data *remote sensing* tersebut akan sangat membantu dalam mengidentifikasi gejala-gejala geologi yang muncul di permukaan. Gejala-gejala geologi yang diinterpretasikan berupa pembagian satuan batuan, keberadaan struktur geologi serta manifestasi panasbumi berupa alterasi bahkan *hot spring* dan fumarola.

METODOLOGI INTERPRETASI

Pada tahap eksplorasi sangat diperlukan analisis data foto udara atau *remote sensing* untuk membantu dalam mendapatkan hipotesis awal yang ditunjang dengan interpretasi data *digital elevation model* (DEM). Data-data *remote sensing* yang digunakan dapat berupa data ASTER (*The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) 15 dan komposit citra satelit (landsat 7 atau landsat 8) berupa kombinasi RGB. Data DEM dapat digunakan untuk menggambarkan ekspresi topografi dan morfologi yang dapat digunakan sebagai interpretasi awal dalam mengidentifikasi gejala geologi di permukaan.

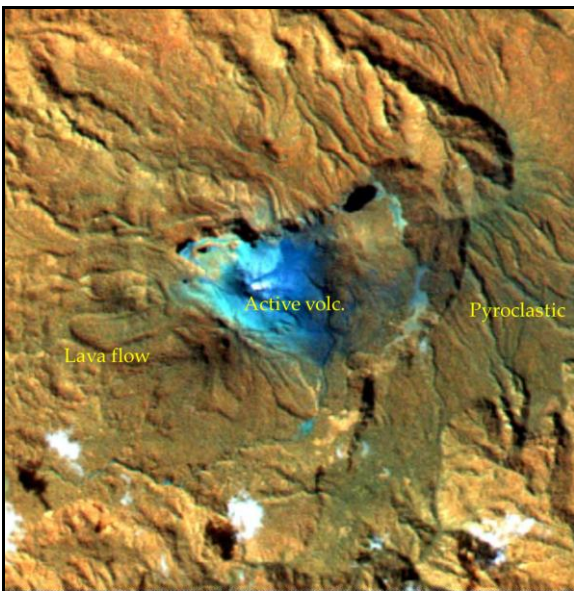
Hipotesis awal yang ingin diketahui terkait dengan kondisi geologi daerah prospek sekaligus menyusun metode yang akan dipakai pada tahap eksplorasi yang dilakukan di lapangan. Gejala geologi yang dianalisa dapat berupa pola kelurusan morfologi yang diinterpretasikan sebagai kelurusan patahan, struktur melingkar yang diinterpretasikan sebagai *rim caldera/crater*, *sector collapse* serta struktur kawah yang umumnya berhubungan dengan pusat erupsi vulkanik (Gambar 2).

Selain pola kelurusan, dalam analisa citra juga diidentifikasi gejala aktivitas hidrotermal/alterasi serta satuan batuan dengan pendekatan vulkanostratigrafi serta mempertimbangkan kenampakan visual, seperti rona, tekstur, bentuk, torehan permukaan, pola serta posisi relatifnya terhadap pusat erupsi di sekitarnya.

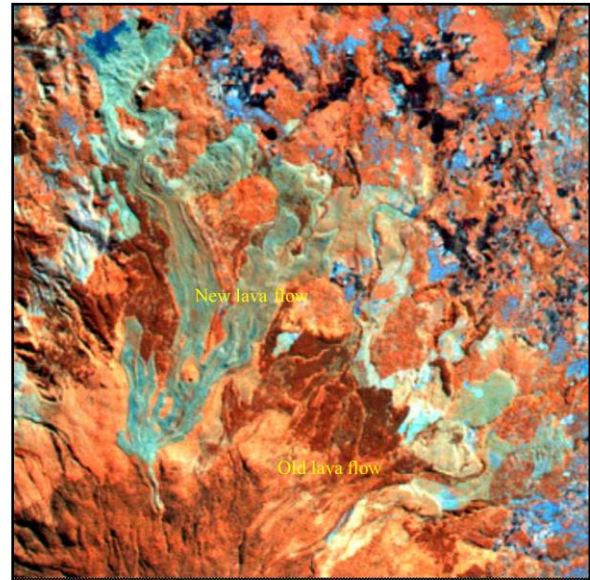


Gambar 2. Contoh penarikan struktur geologi menggunakan data *remote sensing* landsat 7 dengan perpaduan warna RGB menggunakan band 4, 5 dan 7.

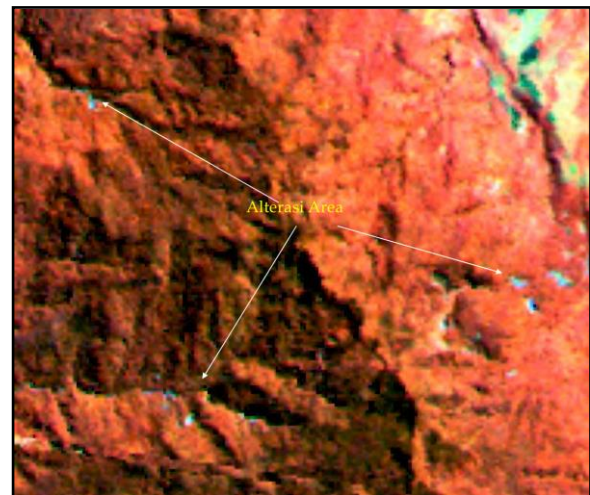
Pada data *remote sensing* akan terlihat penampakan-penampakan yang khas yang menunjukkan batuan penyusunnya misalnya lava atau piroklastik (Gambar 3). Urutan terbentuknya pun akan dapat teramati perbedaannya apakah produk tersebut masih tergolong baru ataupun sudah tua (kegiatan vulkanik sebelumnya) yang terlihat seperti pada Gambar 4. Pada daerah yang terganggu oleh aktifitas alterasi batuan juga akan menunjukkan warna yang khas seperti pada Gambar 5.



Gambar 3. Contoh cara mengenali produk gunungapi



Gambar 4. Contoh cara mengenali periode produk gunungapi

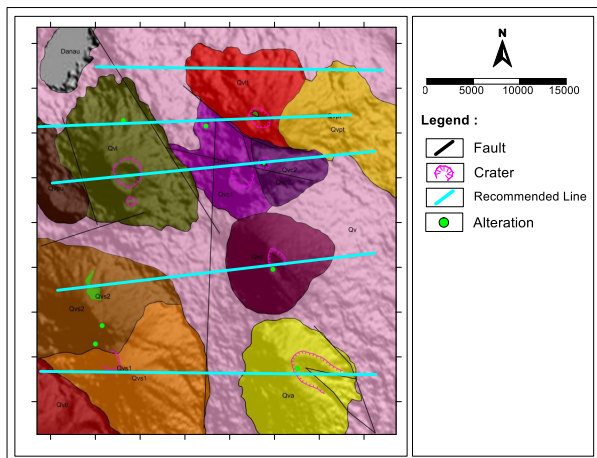


Gambar 5. Contoh penentuan daerah yang terganggu oleh aktivitas hidrotermal (alterasi batuan)

HASIL INTERPRETASI

Setelah teridentifikasi gejala-gejala geologi yang menarik dan mendukung pada aktifitas panasbumi dilakukan penggabungan dan pembuatan peta geologi (berdasarkan *remote sensing*). Dari peta geologi tersebut dapat dilakukan penyusunan desain survey kegiatan lapangan dengan menentukan lintasan-lintasan yang dinilai dapat mengcover seluruh satuan batuan yang telah ditentukan (Gambar 6). Dari penyusunan desain survey ini dapat diketahui perkiraan berapa lama akan dilakukan survey sehingga dapat menyusun jadwal serta memperkirakan biaya yang dibutuhkan.

Selain dapat membantu dalam penyusunan desain pemetaan geologi hasil interpretasi data *remote sensing* juga dapat membantu dalam pembuatan desain pengukuran survey geofisika seperti pengukuran *Magnetotelluric* (MT) dan *Gravity*. Survey geofisika ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keadaan bawah permukaan sehingga dapat memperkuat hasil interpretasi permukaan menggunakan data *remote sensing* ini.



Gambar 6. Penarikan rencana lintasan survey geologi pada daerah A

STUDI KASUS

Penerapan metode ini sudah dilakukan pada beberapa lokasi dan dilakukan perbandingan dengan lokasi yang sebelumnya tidak dilakukan terlebih dahulu analisis data *remote sensing*. Sebagai contoh pada lapangan B, pada lokasi ini sebelumnya tidak dilakukan analisis *remote sensing* terlebih dahulu sehingga menghasilkan distribusi lokasi pengamatan yang tidak merata dan pada pusat kegiatan panasbumi jumlah lokasi pengamatan sangat sedikit (Gambar 8). Hal tersebut akan sangat mempengaruhi dalam melakukan interpretasi dan tingkat keyakinan data yang didapat. Jika hal tersebut terjadi maka dalam melakukan interpretasi selanjutnya akan mengalami kesulitan dalam menentukan perkiraan zona potensi untuk membantu dalam penyusunan desain survey berikutnya.

Pada lokasi B terlihat pada kemungkinan area pusat kegiatan panasbumi ketersediaan lokasi pengamatan hanya sedikit dan tidak merata. Sedangkan pada lokasi-lokasi yang dimungkinkan sebagai *outflow* justru begitu banyak lokasi pengamatan dan komposisinya sama. Kejadian seperti ini dinilai kurang efektif karena waktu yang digunakan akan semakin lama dan biaya yang dibutuhkan pun juga akan semakin banyak.

Dengan penerapan metode *remote sensing* pada daerah A dapat terlihat perbedaannya. Pada lokasi pusat kegiatan panasbumi terdapat titik-titik lokasi pengamatan untuk membuktikan hasil interpretasi dari *remote sensing* dan di lapangan terbukti adanya (Gambar 7).

Luas daerah pada lokasi B seluas 110 km² dan survey lapangan diselesaikan dalam waktu 5 bulan. Sedangkan pada

lokasi A yang dibantu oleh analisis *remote sensing* dengan luas daerah 167 km² dapat diselesaikan dalam waktu 3.5 bulan. Perbedaan waktu ini cukup signifikan dan akan sangat berpengaruh kepada besarnya biaya yang dikeluarkan. Selain berpengaruh terhadap waktu dan biaya, penggunaan metode ini akan sangat membantu juga dalam persebaran lokasi pengamatan pada saat di lapangan karena tim lapangan sudah memiliki panduan akan memulai dan berakhir di mana serta perkiraan batuan yang akan ditemukan. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam melakukan analisis tahap selanjutnya.

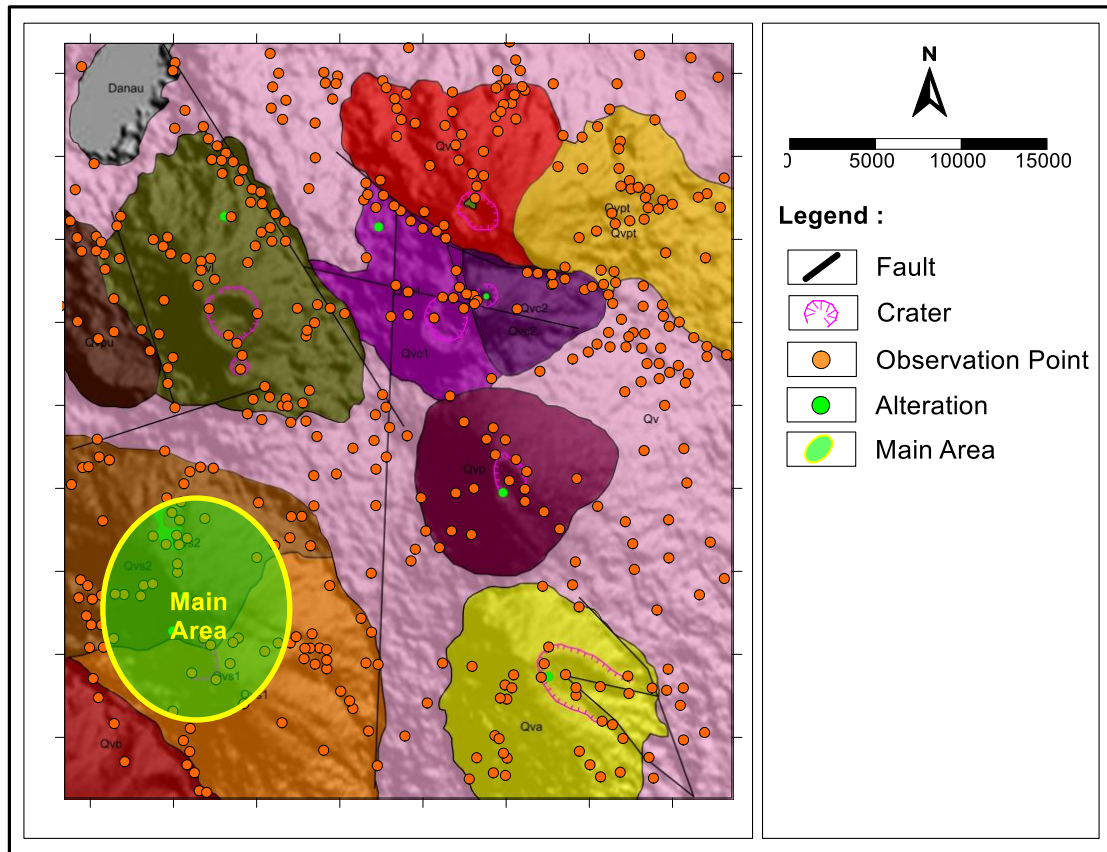
KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut antara lain :

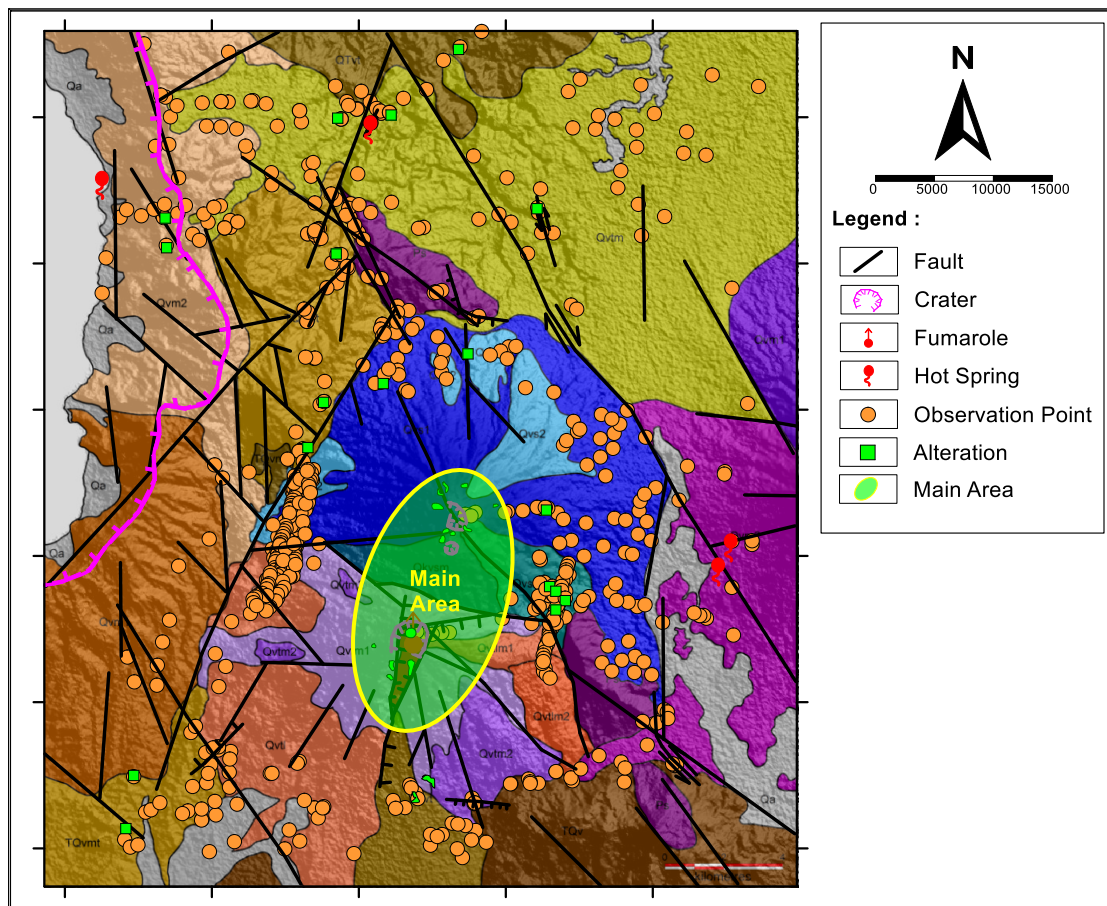
1. Metode *remote sensing* akan sangat membantu dalam penyusunan desain survey lapangan baik untuk geologi maupun geokimia dan geofisika.
2. Data lapangan yang didapatkan lebih representatif mewakili semua wilayah dan akan lebih mudah dalam menginterpretasikan lebih lanjut.
3. Dengan menggunakan metode *remote sensing* ini dapat mempersingkat waktu survey lapangan geologi
4. Jika waktu yang dipergunakan dapat dipersingkat maka biaya yang dikeluarkan akan dapat diminimalisir juga.

DAFTAR ACUAN

- Lillesand, T. M., & Kieffer, R. W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Lillesand dan Kiefer, 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Dulbahri (Penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Martasari, Rial Dwi., 2015. Analisis Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Data *Remote Sensing* dan Pemodelan Data *Magnetotelluric* (MT) serta Data Sumur pada Lapangan Panasbumi "RL". *Tesis*. Program studi Eksplorasi Geotermal. Universitas Indonesia.
- Noer, D., 2012. Pengantar Geologi : Penginderaan Jauh, Bab 6, Hal 252-291. Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor.
- Tarmidi, Suwijanto., 2014. *Remote Sensing Untuk Eksplorasi Panasbumi*. *Professional Training Course Geothermal System and Exploration Technology*. Universitas Indonesia. Depok. 17-20 November 2014.



Gambar 7. Persebaran lokasi pengamatan pada daerah A



Gambar 8. Persebaran lokasi pengamatan di daerah B