

Identifikasi Daerah Prospek Panas Bumi dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut)

HARY NUGROHO, MOHAMMAD FARHAN FADHILAH

Jurusan Teknik Geodesi, FTSP
Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: harynugroho@yahoo.com

ABSTRAK

Pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan energi. Sumber energi dari fosil semakin hari semakin menipis sehingga perlu ada upaya pencarian energi terbarukan. Salah satu potensi energi terbarukan yang banyak tersebar di Indonesia adalah energi panas bumi. Indonesia memiliki 40% potensi energi panas bumi dunia. Umumnya daerah prospek panas bumi berada pada daerah vulkanik yang dikelilingi oleh vegetasi rapat. Salah satu cara untuk mengetahui lokasinya adalah menggunakan metode penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh ini dapat digunakan pada tahap awal identifikasi yang selanjutnya dapat didalami menggunakan teknik geofisika dan geokimia. Citra penginderaan jauh yang digunakan dilakukan analisis melalui suhu kecerahan atau brightness temperature untuk selanjutnya diintegrasikan dengan data kelurusan, struktur geologi, dan manifestasi panas bumi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daerah prospek panas bumi terletak di kawasan Gunung Papandayan yang mencakup Desa Sirmajaya, Karamatwangi, Cisarupan, Cisero, Cidatar, Sukatani, Cipaganti, dan Sukawargi. Daerah prospek terletak di dataran tinggi dengan suhu kecerahan yang beragam antara 12,8°C-42,8°C.

Kata kunci: panas bumi, penginderaan jauh, suhu kecerahan, manifestasi

ABSTRACT

Population growth has resulted in increased energy demand. Energy sources from fossils will soon run out, so we need renewable alternative energy sources. One of the potential renewable energy that is widely spread in Indonesia is geothermal energy. Indonesia has 40% of the world's geothermal energy potential. Generally, geothermal prospect areas are in volcanic areas surrounded by dense vegetation. How to find out the location, one of which is the application of remote sensing methods. This remote sensing technology can be used at the initial stage of identification which can then be explored using geophysical and geochemical techniques. The image was processed and analyzed to obtain brightness temperature. These results were then integrated with geological structure, and geothermal manifestations. The prospect area obtained is located in the area of Mount Papandayan which includes the villages of Sirmajaya, Karamatwangi, Cisarupan, Cisero, Cidatar, Sukatani, Cipaganti, and Sukawargi. This region is located in the highlands with brightness temperature varying between 12.8°C-42.8°C.

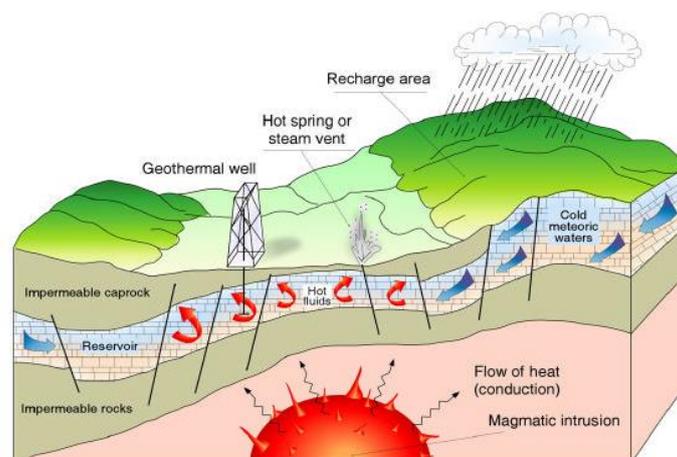
Keywords: geothermal, remote sensing, brightness temperature, manifestation

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia terus bertambah dengan pesat. Pada tahun 1990 jumlah penduduk mencapai 179.378.946 jiwa, berkembang menjadi 237.641.326 jiwa di tahun 2010 (BPS, 2012). Pertambahan jumlah penduduk tersebut mengakibatkan kebutuhan energi semakin meningkat. Guna mengatasi krisis penyediaan energi, saat ini dibutuhkan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan. Pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan menjadi semakin penting mengingat terbatasnya sumber energi fosil atau sumber energi non-terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, dan panas bumi. Energi panas bumi (*geothermal*) merupakan salah satu energi terbarukan yang paling potensial di Indonesia, mengingat Indonesia memiliki 40% potensi panas bumi dunia.

Keberadaan energi panas bumi yang cukup banyak di Indonesia dikarenakan kepulauan Indonesia terletak di antara tiga lempeng dunia, yaitu Indo-Australia, Pasifik, dan Eurasia. Posisi tersebut menjadikan Indonesia sebagai wilayah dengan lempeng teraktif dunia yang memberi efek banyaknya gunungapi dan panas bumi. Menurut Undang-undang No. 27 Tahun 2003 tentang panas bumi, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi, seperti terlihat pada Gambar 1. Energi panas bumi adalah energi yang diekstraksi dari panas yang tersimpan di dalam bumi dan berasal dari aktivitas tektonik di dalam bumi. Energi panas bumi adalah energi yang tidak akan habis, dan energi ini merupakan energi yang ramah lingkungan. Sedangkan dalam proses eksplorasi dan eksploitasinya tidak membutuhkan lahan yang terlalu besar (Hadi, 2008).

Pada umumnya wilayah prospek panas bumi berada pada daerah vulkanik yang dikelilingi oleh hutan lindung, hutan konservasi, dan cagar alam. Kawasan potensi panas bumi biasanya diindikasikan oleh manifestasi panas bumi yang muncul di sekitaran wilayah potensi seperti mata air panas, fumarol, kubangan lumpur panas (*mud pools*), dan manifestasi lainnya. Manifestasi panas bumi diperkirakan terjadi karena adanya rekahan atau patahan yang memungkinkan fluida (uap dan air panas) panas bumi mengalir ke permukaan (Saptadji, 2002).

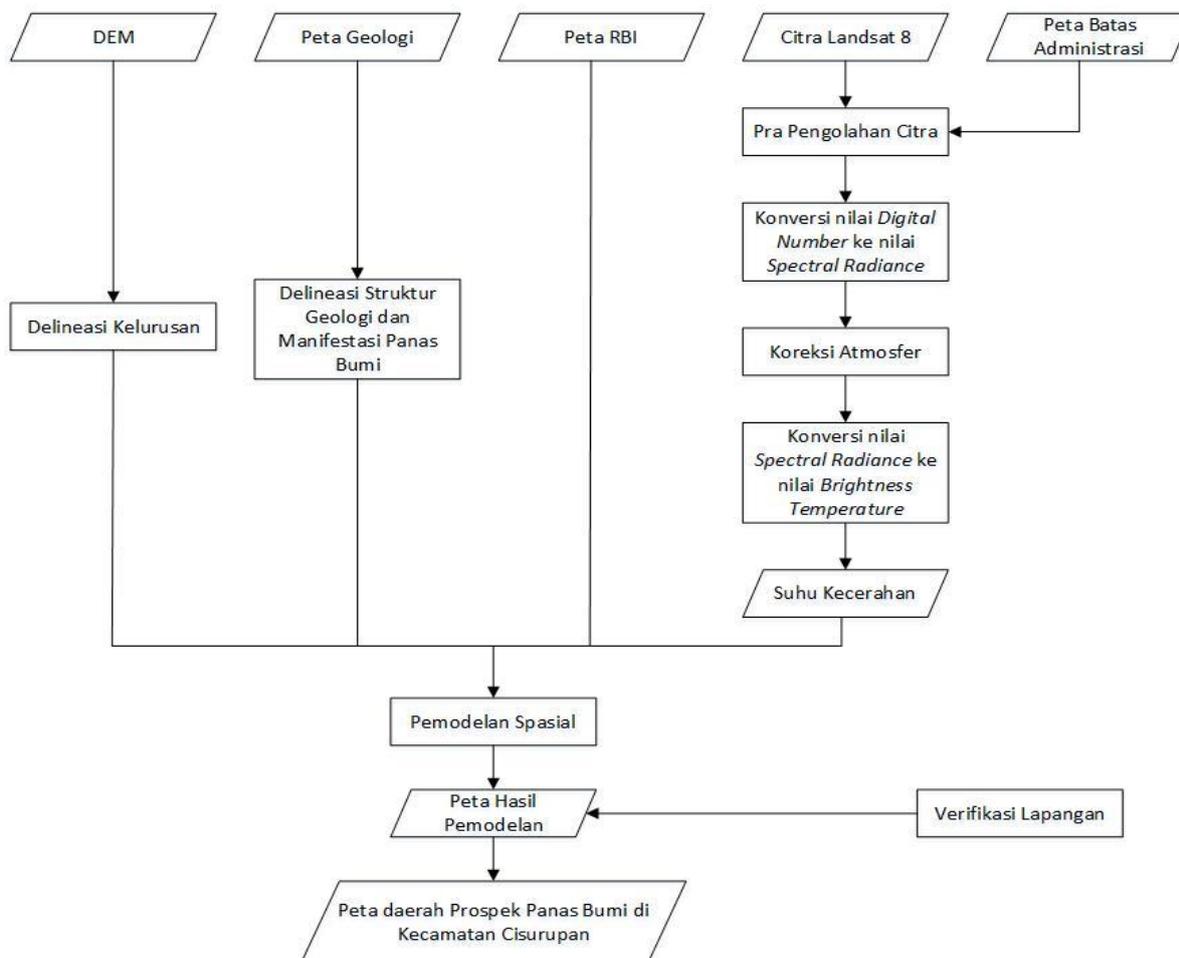


Gambar 1. Sistem panas bumi (Dickson dan Fanelli, 2004)

Manifestasi panas bumi biasanya terlihat dari panas yang dikeluarkannya. Apabila wilayah ini direkam dengan citra satelit Landsat pada kanal *thermal* maka wilayah ini akan terlihat memiliki anomali suhu kecerahan (*brightness temperature*) yang lebih tinggi dari pada suhu sekitarnya. Manifestasi panas bumi diperkirakan terjadi karena adanya rekahan atau patahan, hal ini dapat diketahui dengan melakukan interpretasi terhadap kelurusan dari citra DEM (*Digital Elevation Model*) dan letak struktur geologi dari peta geologi. Hasil identifikasi wilayah prospek ini selanjutnya dapat didalami dengan menggunakan metode geofisika dan geokimia. Berdasarkan identifikasi anomali suhu kecerahan yang diketahui melalui citra satelit Landsat (Nugroho dkk., 2003), maka salah satu daerah di provinsi Jawa Barat yang berada pada jalur vulkanik dan diperkirakan memiliki potensi energi panas bumi adalah daerah Cisurupan, Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat.

2. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yaitu prapengolahan dan pengolahan data. Tahap prapengolahan terdiri atas pemotongan citra dan koreksi geometrik. Tahap pengolahan terdiri atas perhitungan suhu kecerahan, delineasi kelurusan, delineasi manifestasi panas bumi, delineasi struktur geologi, pemodelan spasial, analisis data (*buffer* dan *intersect*) untuk menentukan daerah prospek panas bumi, dan tahap penyajian hasil. Metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metodologi penelitian

2.1 Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian yang dipilih pada studi kasus ini secara administratif berada di Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis wilayah penelitian terletak pada koordinat 07°15' - 07°22' Lintang Selatan dan 107°42' - 107°48' Bujur Timur. Kecamatan Cisurupan memiliki luas administratif sebesar 8.808 Ha yang terdiri atas 16 desa dengan ketinggian rata-rata diatas 1000 mdpl (Pekab Garut, 2008).

Sebagian besar wilayah penelitian merupakan kawasan hutan tropis, persawahan, perladangan, dan pemukiman penduduk. Secara fisiografis wilayah ini berada pada Zona Gunungapi Kuarter yang terdiri atas endapan vulkanik berumur Kuarter. Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan geomorfologi yaitu Satuan Perbukitan Kubah Sobek, Satuan Perbukitan Kubah Campuran, dan Satuan Perbukitan Aliran Lava. Pola aliran sungai di daerah penelitian umumnya berpola subparalel (Norman, 2010).

2.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Data yang digunakan

No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1.	Citra Landsat 8 tipe LITP	USGS-NASA (https://earthexplorer.usgs.gov/)	Resolusi Spasial: - OLI Multispektral 30 meter - OLI Pankromatik 15 meter - TIRS 100 meter Path/Row: 121/065
2.	DEM Terrasar-X	Badan Geologi	Resolusi Spasial: 9 meter
3.	Peta Geologi	Badan Geologi	Skala 1:100.000 Lembar Garut 1208-6 dan Pameumpeuk 1208-3
4.	Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia)	Badan Informasi Geospasial (BIG)	Skala 1:25.000 - Lembar 1208-614 Negla - Lembar 1208-623 Cikajang
5.	Peta Batas Administrasi	Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Garut	- Batas Kecamatan Cisurupan - Batas Desa

2.3 Prapengolahan Citra

Prapengolahan citra terdiri atas pemotongan citra dan koreksi geometrik. Proses pemotongan citra dilakukan berdasarkan batas administrasi wilayah penelitian. Adapun koreksi geometrik dilakukan untuk menyesuaikan koordinat pada citra dengan koordinat sebenarnya di permukaan Bumi. Hal ini terjadi sebagai akibat dari efek perputaran Bumi, arah pergerakan satelit, dan lengkung permukaan Bumi.

2.4 Pengolahan Suhu Kecerahan

Pengolahan yang dilakukan pada citra yaitu perhitungan suhu kecerahan dengan menggunakan kanal *thermal*. Perhitungan suhu kecerahan dilakukan dengan menggunakan algoritma *single window* (satu *band*). Pada penelitian ini *band* yang digunakan adalah *band* 10, sedangkan biasanya menggunakan *band* 11. Hal ini dikarenakan adanya efek *stray light* sebagai akibat adanya cahaya yang masuk ke jalur optik pada teleskop TIRS. Untuk itu USGS merekomendasikan untuk tidak menggunakan *band* 11 (USGS, 2016).

Besaran nilai reflektan yang direkam dalam setiap *band* pada citra Landsat dinyatakan dalam *digital number* (DN). Nilai DN dikonversikan ke nilai *spectral radiance* dengan menggunakan *radiance rescaling factors* yang disediakan dalam *file* metadata Landsat 8. Persamaan yang digunakan dalam konversi ini adalah sebagai berikut (USGS, 2016):

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

dimana

L_{λ} : *Spectral Radiance* (W/(m² * srad * μm))

M_L : Konstanta *rescaling* (RADIANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomer *band*)

A_L : Konstanta penambah (RADIANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nomer *band*)

Q_{cal} : Nilai piksel (*Digital Number*)

Dari hasil konversi ke nilai *spectral radiance* tersebut, selanjutnya dilakukan koreksi atmosfer dengan tujuan untuk menghilangkan efek perubahan nilai akibat adanya lapisan atmosfer. Persamaan yang digunakan dalam koreksi atmosfer yaitu sebagai berikut (Coll dkk., 2010):

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L_{\uparrow}}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L_{\downarrow} \quad (2)$$

dimana

CV_{R2} : Nilai *radiance* yang telah terkoreksi atmosfer.

CV_{R1} : Nilai *radiance* dari tahap sebelumnya.

L_{\uparrow} : *Upwelling Radiance*.

L_{\downarrow} : *Downwelling Radiance*.

ϵ : Emisivitas (0,95).

τ : Transmittansi.

NASA memiliki halaman web yang menyediakan nilai lokal untuk nilai transmittansi (τ), *upwelling radiance* (L_{\uparrow}), dan *downwelling radiance* (L_{\downarrow}) yaitu dari situs <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> dengan memasukkan beberapa nilai parameter. Setelah dilakukan koreksi atmosfer, nilai *spectral radiance* yang telah terkoreksi atmosfer dikonversikan ke nilai suhu kecerahan. Konversi dilakukan dengan konstanta termal yang terdapat pada metadata. Persamaan yang digunakan dalam konversi ini yaitu sebagai berikut (USGS, 2016):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

dimana:

T : Suhu radian dalam satuan kelvin (K).

L_{λ} : Nilai *spectral radiance* yang sudah terkoreksi atmosfer (W/(m² * srad * μm)).

K1: Konstanta kalibrasi 1 radian spektral dari metadata (K1_CONSTANT_BAND_x).

K2: Konstanta kalibrasi 2 radian spektral dari metadata (K2_CONSTANT_BAND_x).

Proses berikutnya yaitu konversi suhu dari satuan kelvin menjadi satuan celsius. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$T_{Celsius} = T_{Kelvin} - 273 \quad (4)$$

Tahapan selanjutnya adalah mengklasifikasikan suhu tersebut menjadi beberapa kelas dengan *range* tertentu.

2.5 Delineasi Kelurusan (*Lineament*)

Kelurusan adalah fitur linear yang dapat dipetakan dari permukaan dan merupakan ekspresi morfologi struktur geologi. Delineasi kelurusan dilakukan dari citra DEM. DEM yang digunakan pada penelitian ini berasal dari satelit Terrasar-X. Proses delineasi dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS dengan cara interpretasi visual. Delineasi kelurusan dilakukan dengan cara menarik garis lurus di sepanjang daerah lembah. Delineasi kelurusan dilakukan untuk mengetahui struktur geologi. Struktur geologi berpotensi sebagai zona permeabel yang berperan sebagai jalan fluida (uap dan air) panas bumi untuk mengalir ke permukaan dan merupakan salah satu karakteristik daerah prospek panas bumi.

2.6 Delineasi Struktur Geologi dan Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas bumi merupakan gejala di permukaan yang merupakan ciri terdapatnya potensi energi panas bumi. Manifestasi panas bumi diperkirakan terjadi karena adanya rekahan atau patahan yang memungkinkan fluida (uap dan air panas) panas bumi mengalir ke permukaan (Saptadji, 2002). Rekahan atau patahan tersebut merupakan struktur geologi.

Berdasarkan proses terjadinya sistem panas bumi di suatu wilayah, manifestasi panas bumi dapat diidentifikasi berdasarkan beberapa komponen seperti reservoir, fluida dan sumber panas (Goff dan Janik, 2000). Manifestasi panas bumi diperoleh melalui penelitian geologi dan geokimia. Untuk lokasi manifestasi panas bumi di wilayah studi diperoleh dari peta geologi.

Delineasi struktur geologi dan manifestasi panas bumi dilakukan untuk mengetahui letak struktur geologi dan manifestasi dimana dua hal tersebut merupakan karakteristik daerah prospek panas bumi. Data yang digunakan yaitu peta geologi lembar Garut 1208-6 dan Pameumpeuk 1208-3. Delineasi yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS. Data hasil delineasi ini dapat dijadikan perbandingan dengan data hasil delineasi kelurusan.

2.7 Penentuan Daerah Prospek Panas Bumi

Dalam menentukan daerah prospek, terlebih dahulu dilakukan penggabungan data hasil pengolahan dan dilanjutkan dengan proses analisis data. Proses penggabungan data dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS. Data yang digabungkan meliputi distribusi suhu kecerahan, titik lokasi manifestasi panas bumi, kelurusan, dan letak struktur geologi. Keempat data selanjutnya dianalisis dalam pemodelan spasial yang dilakukan berdasarkan beberapa karakteristik. Karakteristik pertama, wilayah ini memiliki suhu lebih tinggi dengan suhu sekitarnya, hal ini dapat dilihat dari peta suhu kecerahan. Karakteristik kedua, wilayah ini terletak di wilayah yang terdapat kelurusan, struktur geologi dan manifestasi panas bumi. Karakteristik ini dinyatakan dalam area *buffer* dalam jarak tertentu. Guna memastikan keakuratan lokasi yang terseleksi dilakukan survei lapangan. Data survey lapangan ini digunakan untuk memastikan bahwa di wilayah studi memiliki prospek panas bumi.

Dalam proses pemodelan ini proses *buffering* dilakukan terlebih dahulu untuk selanjutnya dilakukan *intersection*. *Buffer* dari titik manifestasi panas bumi yaitu sejauh 5 km, sedangkan untuk *buffer* dari kelurusan yaitu sejauh 1 km dan untuk *buffer* dari struktur geologi yaitu sejauh 2 km (Anwarzai dkk., 2014). Untuk menentukan daerah prospek yaitu melakukan *intersect* dari data-data yang sudah dilakukan *buffering* sebelumnya dan ditumpang susun (*overlay*) dengan data suhu kecerahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

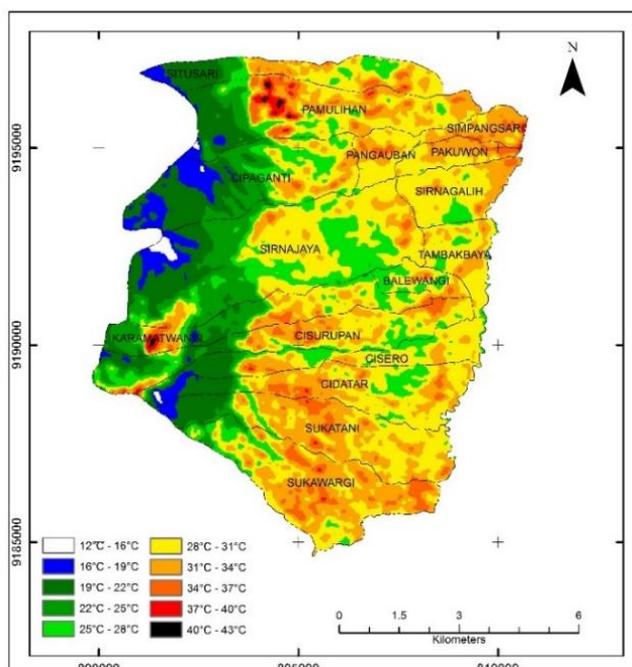
Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu nilai RMSe dari proses koreksi geometrik, peta suhu kecerahan, peta kelurusan, peta struktur geologi dan manifestasi panas bumi, dan peta daerah prospek panas bumi di Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut.

3.1 Koreksi Geometrik

Pada penelitian ini, data citra Landsat yang digunakan merupakan tipe L1TP (*Level-1 Precision and Terrain corrected product*). L1TP merupakan data yang memiliki radiometrik yang baik dan sudah terkalibrasi, ortorektifikasi menggunakan titik kontrol tanah (*Ground Control Point*), dan menggunakan data DEM untuk koreksi *relief displacement* (USGS, 2016). Walaupun demikian pada penelitian ini tetap dilakukan rektifikasi untuk pengecekan dengan menggunakan titik ICP (*Independent Check Point*). Rektifikasi ini dilakukan dengan metode *image to map* menggunakan peta batas administrasi sebagai data acuan untuk rektifikasi citra. Rektifikasi dilakukan setelah pemotongan citra. Pada penelitian ini, RMSe yang diperoleh yaitu $0.322420 < 1$. Dengan demikian citra ini telah terkoreksi dengan baik dan dapat digunakan pada pengolahan berikutnya.

3.2 Suhu Kecerahan

Dari hasil pengolahan data suhu kecerahan, diperoleh informasi sebaran nilai suhu kecerahan yang diklasifikasikan menjadi 10 kelas. Suhu paling rendah yaitu $12,8^{\circ}\text{C}$ dan suhu paling tinggi yaitu $42,8^{\circ}\text{C}$. Secara umum dapat dipahami bahwa semakin tinggi elevasi suatu wilayah maka suhu kecerahan akan semakin turun. Pada peta suhu kecerahan hasil pengolahan data dapat dilihat bahwa terdapat anomali suhu pada wilayah dengan elevasi tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 dimana pada wilayah dengan suhu rendah (warna hijau) terdapat suatu wilayah dengan suhu yang tiba-tiba meningkat (warna kuning dan merah). Hal ini terjadi dikarenakan pada wilayah dengan suhu tinggi ini terdapat manifestasi panas bumi.



Gambar 3. Peta suhu kecerahan

Untuk membuktikan bahwa daerah dengan suhu kecerahan tinggi (anomali) ini merupakan wilayah yang memiliki manifestasi panas bumi, maka dilakukan survei lapangan. Dari hasil survei lapangan pada koordinat (810687,905 m ; 9195534,089 m) di Desa Simpangsari dengan suhu antara 37°C-43°C ternyata terbukti pada wilayah ini tidak terdapat manifestasi panas bumi. Lokasi ini merupakan daerah pasar dan pemukiman. Panas yang dihasilkan kemungkinan berasal dari aktivitas manusia. Hasil survei lapangan berikutnya yaitu pada koordinat (804232,924 m; 9196616,624m) di Desa Pamulihan dengan suhu antara 34°C-43°C. Pada lokasi tersebut terbukti tidak terdapat manifestasi panas bumi. Lokasi tersebut merupakan daerah perkebunan dan ladang. Panas yang dihasilkan kemungkinan berasal dari pembakaran lahan kebun atau dari lahan yang kering dan tandus.

Titik-titik panas pada wilayah ini dengan suhu antara 34°C-43°C tidak semua dilakukan verifikasi dikarenakan pada beberapa wilayah memiliki kondisi topografi yang cukup terjal sehingga sulit untuk dijangkau, sedangkan pada beberapa wilayah lain kondisinya mirip dengan lokasi perkebunan, dimana suhu kecerahan yang tinggi diperoleh sebagai akibat terjadinya kebakaran lahan.

Hasil survei lapangan berikutnya yaitu pada koordinat (801334,230 m; 9190074,666 m) di Desa Karamatwangi dengan suhu antara 16°C-43°C. Pada lokasi tersebut banyak ditemukan manifestasi panas bumi seperti mata air panas, fumarol, dan solfatara. Lokasi tersebut merupakan daerah pegunungan yaitu terletak di Gunung Papandayan. Lokasi titik koordinat (801334,230 m; 9190074,666 m) dapat dilihat pada Gambar 4.

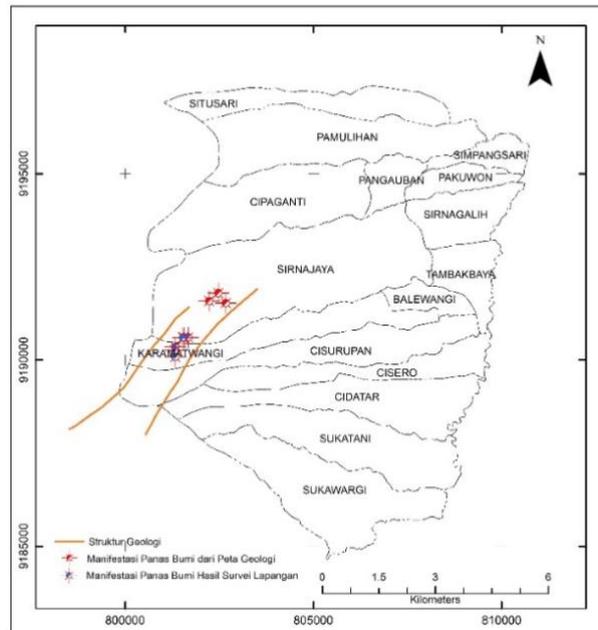


Gambar 4. Manifestasi panas bumi

3.3 Struktur Geologi dan Manifestasi Panas Bumi

Delineasi struktur geologi dan manifestasi panas bumi dilakukan untuk mengetahui letak struktur geologi dan manifestasi dimana dua hal tersebut merupakan karakteristik daerah prospek panas bumi. Selain manifestasi panas bumi yang diperoleh dari delineasi peta geologi, manifestasi panas bumi lainnya didapatkan dari hasil survei lapangan. Struktur geologi pada penelitian ini yaitu sesar. Manifestasi yang ditemukan pada penelitian ini yaitu fumarol, solfatara, dan mata air panas. Hasil delineasi struktur geologi dan manifestasi panas bumi dapat dilihat pada Gambar 5.

*Identifikasi Daerah Prospek Panas Bumi dengan Menggunakan Teknik Pengindraan Jauh
(Studi Kasus: Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut)*



Gambar 5. Peta struktur geologi dan manifestasi panas bumi

Hasil delinesasi struktur geologi dan manifestasi panas bumi dari peta geologi terdapat beberapa data yang tidak sama dengan keadaan sebenarnya. Untuk manifestasi panas bumi dari delinesasi peta geologi ketika dilakukan verifikasi dengan cara interpretasi visual dari *google earth*, dan tidak terdapat manifestasi panas bumi pada titik-titik tersebut. Verifikasi dengan survei lapangan pada titik tersebut tidak dilakukan disebabkan oleh jalan menuju titik tersebut belum dapat dijangkau karena vegetasi pada daerah tersebut terlalu rapat.

Titik-titik manifestasi panas bumi lainnya diperoleh dari hasil survei lapangan, yaitu pada koordinat titik (801679 m; 9190597 m), koordinat titik (801561 m; 9190593 m), koordinat titik (801539 m; 9190595 m), dan koordinat titik (801331 m; 9190252 m). Lokasi titik-titik manifestasi panas bumi tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Manifestasi panas bumi dari hasil survei lapangan

Pada daerah struktur geologi hasil delinesasi ini di samping memiliki suhu yang lebih tinggi juga teridentifikasi memiliki fumarol, solfatara, dan mata air panas, dengan demikian pada wilayah ini teridentifikasi terdapat banyak manifestasi panas bumi.

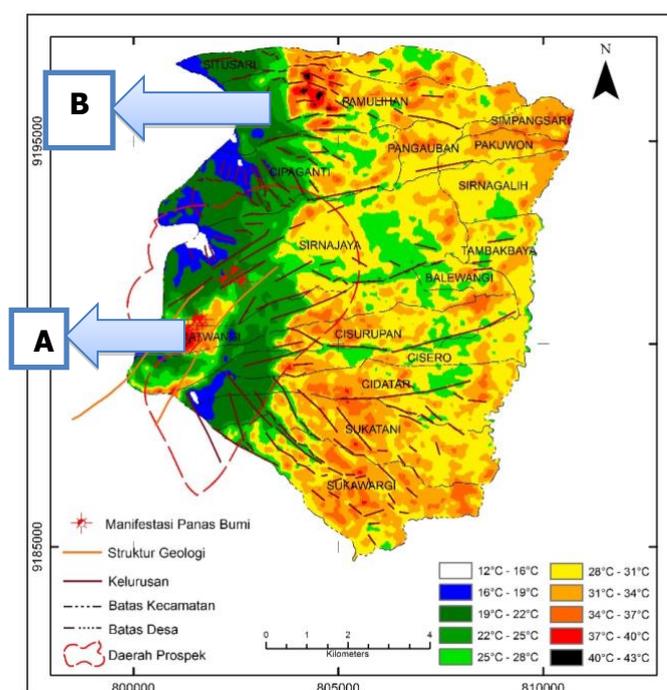
3.4 Daerah Prospek Panas Bumi

Seperti yang telah disampaikan di atas bahwa wilayah yang diperkirakan memiliki prospek potensi panas bumi mempunyai beberapa karakteristik, yaitu memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sekitarnya, terletak di wilayah yang memiliki struktur geologi, kelurusan, dan manifestasi panas bumi. Hasil integrasi ini selanjutnya diverifikasi dengan melakukan survei lapangan. Hasil survei lapangan digunakan untuk memastikan bahwa di wilayah yang memiliki potensi ini memiliki prospek panas bumi.

Berdasarkan hasil *intersection* diperoleh hasil bahwa wilayah prospek panas bumi terletak di kawasan Gunung Papandayan yang mencakup beberapa desa yaitu Desa Sirnajaya, Desa Karamatwangi, Desa Cisirupan, Desa Cisero, Desa Cidatar, Desa Sukatani, Desa Cipaganti, dan Desa Sukawargi. Daerah prospek ini terletak di daerah dataran tinggi dan memiliki suhu kecerahan yang beragam mulai dari 12,8°C-42,8°C. Wilayah tersebut dibagi dalam dua lokasi yaitu daerah A dan daerah B seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Suhu kecerahan pada daerah A yaitu sekitar 16°C-43°C. Lokasi tersebut berada pada daerah pegunungan, dimana pada umumnya daerah prospek panas bumi berada pada wilayah seperti ini. Pada lokasi tersebut juga terdapat manifestasi panas bumi yang berada di sekitar kelurusan dan struktur geologi yang berpotensi sebagai zona permeabel yang berperan sebagai jalan fluida (uap dan air) panas bumi untuk mengalir ke permukaan. Manifestasi pada kawasan ini dideskripsikan dengan adanya mata air panas, fumarol, dan solfatara. Dengan demikian daerah A dapat dikatakan sebagai daerah prospek panas bumi karena memiliki karakteristik panas bumi.

Suhu kecerahan pada daerah B yaitu sekitar 34°C-43°C. Lokasi tersebut terletak pada daerah ladang dan perkebunan. Meskipun pada lokasi tersebut terdapat kelurusan, tetapi pada lokasi tersebut tidak ditemukan manifestasi panas bumi. Panas yang dipancarkan kemungkinan berasal dari pembakaran lahan kebun atau dari lahan yang kering dan tandus. Dengan demikian daerah B tidak dapat dikatakan sebagai daerah prospek panas bumi.



Gambar 7. Peta daerah prospek panas bumi Kecamatan Cisirupan

4. KESIMPULAN

Landsat 8 pada kanal termal *band* 10 dapat memberikan informasi suhu kecerahan yang kemudian dapat dijadikan acuan dalam identifikasi daerah prospek panas bumi. Suhu tertinggi pada daerah penelitian mencapai 42,8° C dan suhu terendah mencapai 12,8° C. Dengan melakukan integrasi dengan data kelurusan, struktur geologi, dan manifestasi panas bumi yang disertai survei lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa daerah prospek panas bumi terletak di lokasi A yang berada di kawasan Gunung Papandayan yang mencakup beberapa desa yaitu Desa Sirnajaya, Desa Karamatwangi, Desa Cisurupan, Desa Cisero, Desa Cidatar, Desa Sukatani, Desa Cipaganti, dan Desa Sukawargi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Survei Geologi yang telah memberi data penunjang untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwarzai, M. and Nagasaka, K. (2014). A Research and Development of Wind Energy for Afghanistan. Conference paper: 環境科学会 2014年会講演要旨集. Dipetik 14 Maret 2017 dari https://www.researchgate.net/publication/311951486_A_Research_and_Development_of_Wind_Energy_for_Afghanistan
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2012). Penduduk Indonesia menurut Provinsi 1971, 1980, 1990, 1995, 2000 dan 2010. Dipetik 14 Maret 2017 dari <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1267>.
- Coll, C., Galve, J.M., Sanchez, J.M., dan Caselles, V. (2010). Validation of Landsat-ETM+ Thermal-Band Calibration and Atmospheric Correction with Ground-Based Measurements, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Volume 48, Issue 1.
- Dickson, M. H. dan M. Fanelli. (2004). *What is Geothermal Energy*. Dipetik 10 Juli 2017 dari https://www.geothermal-energy.org/what_is_geothermal_energy.html.
- Goff, F., dan Janik, C.J. (2000). *Geothermal Systems*, in (Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., and Stix, J., eds.) *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, San Diego, CA, p. 817-834.
- Hadi, A. U. (2008). Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi* 1(2).
- Norman, I. N. (2010). Geologi Daerah Cisurupan dan Sekitarnya Kabupaten Garut Jawa Barat. *Skripsi*. Teknik Geomatika ITB. Bandung.
- Nugroho, S.D., Soetoto, dan Utami, P. (2003). Interpretasi Kontrol Struktur dan Komponen-Komponen Sistem Panas Bumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah Berdasarkan Citra Landsat Thematic Mapper. *Proceedings of Joint Convention Jakarta*. Jakarta.
- Pemerintah Kabupaten Garut (Pemkab Garut). (2008). Profil Kecamatan Cisurupan. Dipetik pada 17 Juli 2017 dari <http://sikec.garutkab.go.id/UserFiles/File/cisurupan%202008.pdf>.
- Saptadji, N. M. (2002). Catatan Kuliah Teknik Panas Bumi. Penerbit ITB. Bandung.
- Sidarto. (2010). Perkembangan Teknologi Inderaan Jauh dan Pemanfaatannya untuk Geologi di Indonesia. Badan Geologi Kementrian ESDM. Bandung.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2003. Panas Bumi. 22 Oktober 2003. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 4327. Jakarta.
- USGS. (2016). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. 2nd ed. EROS. Sioux Falls.