

**IDENTIFIKASI MANIFESTASI PANAS BUMI DENGAN
MEMANFAATKAN KANAL *THERMAL* PADA CITRA LANDSAT
(STUDI KASUS : KAWASAN DIENG)**

Bram Ferdinand Saragih, Dr. Yudo Prasetyo, Bandi Sasmito ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
Email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang masih menggunakan sumber energi fosil sebagai sumber energi utama. Namun ketersediaan sumber energi fosil tersebut pastinya akan habis bila digunakan terus menerus. Selain sumber energi fosil yang melimpah, Indonesia juga dianugrahi sumber energi baru dan terbarukan. Sumber energi tersebut seperti air, panas bumi, biomassa, surya, angin, hingga uranium. Panas bumi yang ada di Indonesia diperkirakan menjadi yang terbesar ketiga di dunia. Hal tersebut erat kaitannya dengan posisi Indonesia dalam kerangka tektonik dunia. Dataran tinggi Dieng merupakan sebuah kompleks gunung berapi, berbentuk dataran luas dengan panjang kurang lebih 14 km, lebar 6 km dan memanjang dari arah Barat Daya – Tenggara. Ketersediaan energi panas bumi tidak lepas dengan penampakan manifestasi yang ada dipermukaan. Manifestasi panas bumi dipermukaan berupa solfatar, fumarol, tanah beruap panas, sinter silika dan alterasi hidrotermal. Semua manifestasi permukaan tersebut memiliki suhu yang relatif lebih tinggi dari lingkungan sekitarnya.

Metode penginderaan jauh sangat efektif dalam menemukan manifestasi panas bumi mengingat daerah penelitian mencakup wilayah yang cukup luas. Hasil pengolahan citra landsat kanal termal akan menghasilkan titik – titik panas yang menunjukkan keberadaan manifestasi panas. Namun titik – titik panas yang didapat tidak semua merupakan manifestasi panas bumi. Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan titik panas yang berupa manifestasi panas bumi dan yang bukan merupakan manifestasi panas bumi.

Hasil pengolahan citra landsat pada penelitian ini menunjukkan suhu terendah 11,180 °C pada citra landsat tahun 2006 dan suhu tertinggi 39,671 °C pada citra landsat tahun 2014. Rentang suhu manifestasi panas bumi yang terekam pada penelitian ini berada pada suhu 25,271 °C sampai dengan 39,671 °C. Ditinjau dari tingkat konsistensi penampakan panas manifestasi panas bumi pada penelitian ini maka manifestasi yang secara konstan menunjukkan produksi panas adalah Kawah Sileri dan Kawah Condrodimuko. Luas manifestasi yang terdeteksi oleh citra landsat lebih luas dari 30 m x 30 m sesuai dengan resolusi spasial kanal termal citra landsat.

Kata Kunci : Manifestasi, Landsat, Penginderaan Jauh, Panas Bumi, Titik Panas.

ABSTRACT

Indonesia is one country that still uses fossil energy sources as a primary energy source. However, the availability of fossil energy sources is surely will be depleted when used continuously. In addition to the abundant fossil energy sources, Indonesia is also gifted new and renewable energy sources. The energy sources such as water, geothermal, biomass, solar, wind, up to uranium. Geothermal energy in Indonesia is estimated to be the third largest in the world. It is closely related to the position of Indonesia in the tectonic framework of the world. Dieng Plateau is a complex of volcanoes, vast plains shaped with a length of approximately 14 km, 6 km wide and extends from the Southwestern - Southeast. The availability of geothermal energy is not separated by a manifestations exist on the surface. Surface geothermal manifestations such as solfatar, fumaroles, hot steamy soil, silica sinter and hydrothermal alteration. All the manifestations of the surface has

**)Penulis, Penanggung Jawab*

a relatively higher temperature than the surrounding environment.

Remote sensing method is very effective in finding geothermal manifestations considering the research area covering a large area. Landsat image processing result of thermal band will generate hot spots that indicates the exist of geothermal manifestations. But the hot spots that gained are not all as geothermal manifestations. Therefore it needs separation of the hot spots in the form of geothermal manifestations and not a manifestation of geothermal.

Landsat image processing results in this research showed the lowest temperature is 11,180 °C on Landsat imagery in 2006 and the highest temperature is 39,671 °C on Landsat imagery in 2014. The temperature range of geothermal manifestation which is recorded in this research is at 25,271 °C up to 39,671 °C. According to the level of consistency hot sightings from geothermal manifestations in this research, the manifestations of which are constantly showing the heat production is Sileri Crater and Condrodimuko Crater. Size manifestation that was detected by Landsat imagery wider than 30 m x 30 m in accordance with a spatial resolution of thermal band Landsat image.

Keywords : *Geothermal, Hot Spot, Manifestation, Landsat, Remote Sensing.*

I. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu negara yang berada di wilayah tropis, Indonesia dianugerahi sumber daya energi yang sangat bervariasi. Selain memiliki ketersediaan sumber-sumber energi fosil, Indonesia juga dianugerahi potensi sumber daya energi baru terbarukan yang sangat beragam, mulai dari air, panas bumi, biomasa, surya, angin, hingga uranium. Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar. Hal tersebut sangat erat kaitannya dengan posisi Indonesia dalam kerangka tektonik dunia.

Ditinjau dari munculnya panas bumi di permukaan persatuan luas, Indonesia menempati urutan ketiga dunia, bahkan dari segi temperatur yang tinggi, merupakan kedua terbesar. Sebagian besar energi panas bumi yang telah dimanfaatkan di seluruh dunia merupakan energi yang diekstrak dari sistem hidrotermal. Sistem hidrotermal erat kaitannya dengan sistem vulkanisme dan pembentukan gunung api pada zona batas lempeng yang aktif dimana terdapat aliran panas (*heat flow*) yang tinggi. Indonesia terletak dipertemuan tiga lempeng aktif yang memungkinkan panas bumi dari kedalaman ditransfer ke permukaan melalui sistem rekahan. Posisi strategis ini menempatkan Indonesia sebagai negara paling kaya dengan energi panas bumi sistem hidrotermal yang tersebar sepanjang busur vulkanik.

Dengan teknologi penginderaan jauh, informasi mengenai suatu objek di permukaan bumi dapat diketahui tanpa harus melakukan peninjauan

langsung terhadap objek tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan sensor dari satelit itu sendiri. Informasi yang diperoleh kemudian diolah untuk mendapatkan hasil yang kemudian dianalisis dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Untuk mencari potensi dari panas bumi, perlu adanya pencarian sebelum datang ke lapangan untuk memperoleh kebenaran dan ruang lingkup yang lebih spesifik dari data yang terolah. Hasil pengolahan data citra satelit landsat akan menghasilkan persebaran titik –titik panas yang, rentang suhu suatu wilayah, koordinat titik panas.

Data yang dihasilkan tersebut dijadikan sebagai acuan dalam pengamatan manifestasi panas bumi seperti yang dimaksud pada penelitian ini.

Dari latar belakang tersebut dapat diuraikan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi distribusi manifes panas bumi dengan menggunakan data satelit landsat 7 dan landsat 8 berdasarkan aspek spasial, spektral dan temporal ?
2. Bagaimana potensi citra satelit landsat dalam mendeteksi titik-titik panas bumi di daerah Dieng ?
3. Bagaimana analisis potensi panas bumi ditinjau dari tingkat konsistensi sumber panas, luasan minimal dan suhu minimal dari manifestasi panas bumi ?

Dengan rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi distribusi manifes panas bumi dengan menggunakan data satelit landsat 7 dan landsat 8 berdasarkan aspek spasial, spektral dan temporal.
2. Menganalisis potensi citra satelit landsat dalam mendeteksi titik – titik panas bumi di daerah Dieng.
3. Menganalisis potensi panas bumi ditinjau dari tingkat konsistensi sumber panas, luasan minimal dan suhu minimal dari manifestasi panas bumi.

Dan yang menjadi pembatasan masalah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Koreksi radiometrik dilakukan bersamaan dengan proses konversi *digital number* ke *radianse* (TOA *radianse*).
2. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti referensi dari penelitian yang dilakukan oleh Mona Natalia Siahaan (2011) berjudul “Prospek Panas Bumi dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Kawasan Patuha)” dan Bagus S A M. Kusno (2012) berjudul “Persebaran Panas Bumi Daerah Jawa Tengah Menggunakan Data Citra Satelit Landsat “.
3. Data yang digunakan ialah data citra landsat 7 dan landsat 8. Untuk citra landsat 7 menggunakan citra dari tahun 2003 dan 2006

dan untuk citra landsat 8 menggunakan citra dari tahun 2014.

4. Hasil penelitian yang diharapkan untuk diperoleh berupa jumlah titik potensi panas bumi, luasan dari potensi panas bumi dan intensitas panas bumi itu sendiri.
5. Berdasarkan resolusi spasial landsat 7 pada kanal 6 dan kanal 10 dan 11 pada landsat 8 ialah 30m x 30m maka diasumsikan potensi panas bumi yang dapat dideteksi lebih luas dari 30m x 30m.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besaran potensi sumber daya panas bumi di kawasan Dieng.
2. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan tinjauan geologi dalam penentuan lokasi dari sumberdaya panas bumi.

Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat kedepannya untuk:

1. Dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penentuan daerah eksplorasi panas bumi pada kawasan Dieng berikutnya.
2. Dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penelitian panas bumi selanjutnya pada daerah-daerah lainnya.
3. Dapat digunakan sebagai metode dalam survei awal pencarian potensi sumberdaya panas bumi pada daerah lainnya.

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel I.1. sebagai berikut :

No.	Data	Sumber Data	Keterangan
1.	Citra Landsat 7 bulan 5 tahun 2003	Hasil unduh dari http://glovis.usgs.gov	SLC-ON, Tipe Data : L1T, LE7120062003140EDC00, WGS 84, UTM, Zona : 49, tipe
2.	Citra Landsat 7 bulan 6 tahun 2006	Hasil unduh dari http://glovis.usgs.gov	SLC-OFF, Tipe Data : L1T, LE71200652006180EDC00, WGS 84, UTM, Zona : 49

3.	Citra Landsat 8 bulan 8 tahun 2014	Hasil unduh dari http://glovis.usgs.gov	Jenis sensor : <i>Operational Land Imager (OLI)</i> dan <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i> , Tipe Data : L1T, LC81200652014242LGN00, WGS 84, UTM, Zona : 49
4.	Peta Geologi Bersistem Indonesia	Teknik Geologi Undip	Skala 1 : 100.000, lembar 1408-4, 1409-1, UTM, Zona : 49
5.	Peta Geomorfologi Regional	Teknik Geologi Undip	
6.	Peta Rupa Bumi Indonesia dan Peta Rupa Bumi Kawasan Gunung Dieng	Hasil unduh dari www.bnpb.go.id dan Teknik Geodesi Undip	Skala 1 : 25.000, WGS 84, lembar 1408-441, 1408-442, 1408-423, 1408-424 dan Peta Rupa Bumi Khusus Kawasan Gunung Dieng

Tabel I.1. Data Penelitian

Adapun langkah kerja pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar I.1.

III. PENGOLAHAN DATA

III.1. Pengolahan Awal Citra

Tujuan dari pengolahan data citra pada kegiatan ini adalah untuk memperbaiki citra dari beberapa kesalahan akibat kesalahan wahana, mempertajam data data geografis dalam bentuk digital menjadi suatu tampilan yang lebih berarti bagi penggunaanya dan memperbaiki data citra yang mengalami distorsi atau kesalahan kedalam bentuk aslinya. Pekerjaan yang dilakukan pada tahap pra pengolahan citra yaitu, penggabungan kanal-kanal citra dan koreksi geometrik.

III.2. Pengolahan Citra

Pengolahan citra yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan keinginan. Pada penelitian ini, proses pengolahan citra tersebut bertujuan untuk mendapatkan perkiraan dari suhu permukaan bumi. Setelah citra terkoreksi maka dilakukan proses konversi nilai *digital number* ke ke radian dan proses ekstraksi suhu.

Proses pengolahan citra dilakukan pada perangkat lunak *Er Mapper 7.0*. Proses awal pengolahan citra adalah Konversi *Digital Number* ke *Radiance*. Konversi ini juga merupakan proses koreksi radiometrik/kalibrasi sensor (konversi *digital number* ke TOA *radiance*), karena algoritma yang digunakan sama dengan algoritma proses koreksi radiometrik dan tujuan koreksi radiometrik salah satunya ialah untuk mengeliminasi pengaruh atmosfer terhadap proses perekaman. Formula yang digunakan untuk mengkonversi *digital number* (DN)

ke *radiance* adalah sebagai berikut (Trisakti B. dkk, dikutip dalam Siahaan M.N., 2011) :

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{DN_{max} - DN_{min}} \right) * (DN - DN_{min}) + L_{min\lambda} \dots$$

..III.1

Keterangan :

- L_{λ} = *Spectral radiance* pada sensor (watts/m²*ster*µm)
- DN = *Digital Number*
- $L_{min\lambda}$ = *Spectral radiance* pada DNMIN watts/(m²*ster*µm)
- $L_{max\lambda}$ = *Spectral radiance* pada DNMAX watts/(m²*ster*µm)
- DNmin = Nilai Minimum DN
- DNmax = Nilai *maximum* DN

Selanjutnya ialah proses ekstraksi temperatur. Proses ekstraksi temperatur diawali dengan melakukan konversi dari *radiance* ke temperatur satelit efektif dengan menggunakan formula sebagai berikut (Trisakti B. dkk., dikutip dalam Siahaan M.N., 2011) :

$$T_{Landsat} = \frac{K_2}{Ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \dots \dots \dots III.2$$

Keterangan :

- $T_{Landsat}$ = Temperatur satelit efektif (K)
- $K_1; K_2$ = konstanta kalibrasi (W/m²*sr*µm)
- L_{λ} = *Spectral radiance* pada sensor (W/m² sr µm)

Langkah berikutnya ialah proses untuk mendapatkan temperatur kinetik. Temperatur kinetik ialah panas di dalam benda. Formula untuk mendapatkan temperatur kinetik dapat dilihat pada persamaan III.3. berikut (Curran, 1985; Lillesand dan Kiefer, 1979, dikutip dalam Sutanto, 1994).

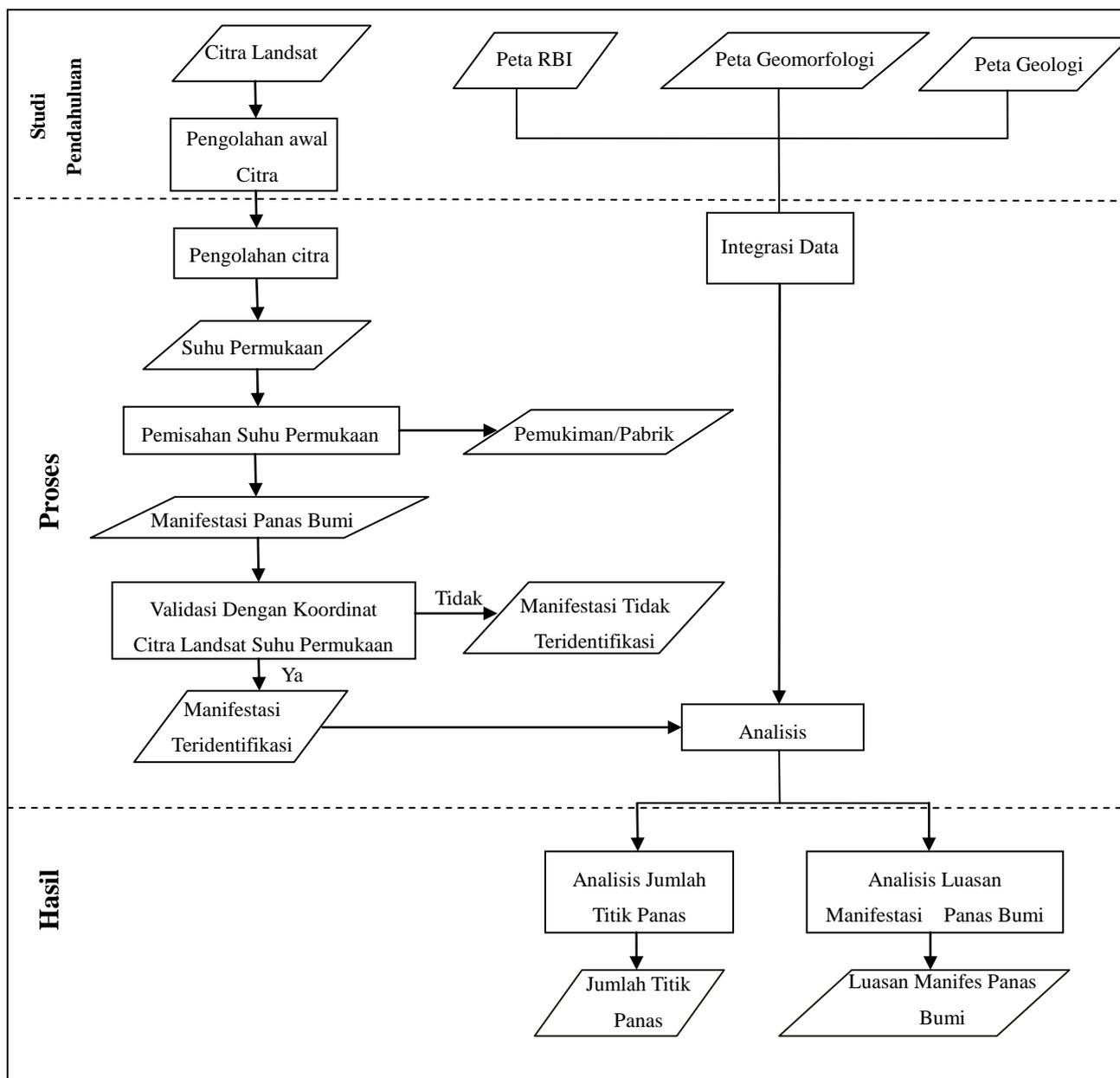
Keterangan :

Tk = Temperatur kinetik (°C)

TR = Temperatur pancaran (K)

e = emisivitas

$$Tk = \left(\frac{TR}{e}\right)^{\frac{1}{4}} - 273 \dots \dots \dots \text{III.3.}$$



Gambar I.1 Diagram Alir Penelitian

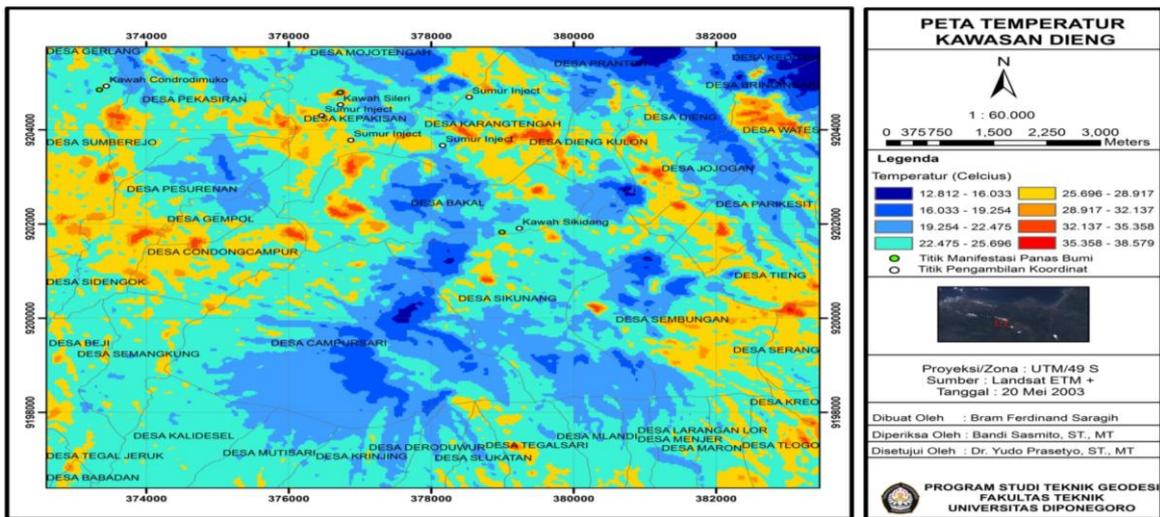
III.3. Pasca Pengolahan Data

Proses pada pasca pengolahan data ialah untuk menampilkan data kedalam bentuk yang mudah untuk dikenali dan diidentifikasi. Proses pada pasca pengolahan terdiri atas proses pemotongan citra dengan menggunakan poligon yang mencakup keseluruhan wilayah penelitian. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam menganalisis citra,

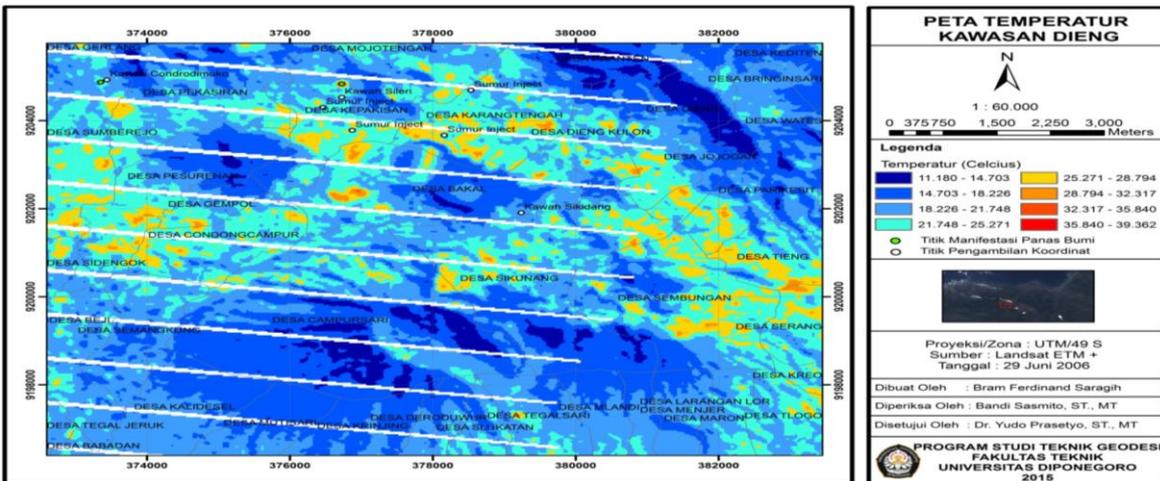
mempersempit/memfokuskan pada daerah observasi dan memperkecil ukuran penyimpanan citra. Selanjutnya ialah proses pembuatan peta, pembuatan peta pada penelitian ini bertujuan untuk menyajikan hasil penelitian sehingga dapat dengan mudah menganalisis hasil dari penelitian dan memberikan informasi yang terkandung dalam unsur – unsur penelitian ini.

IV. Hasil Dan Analisis

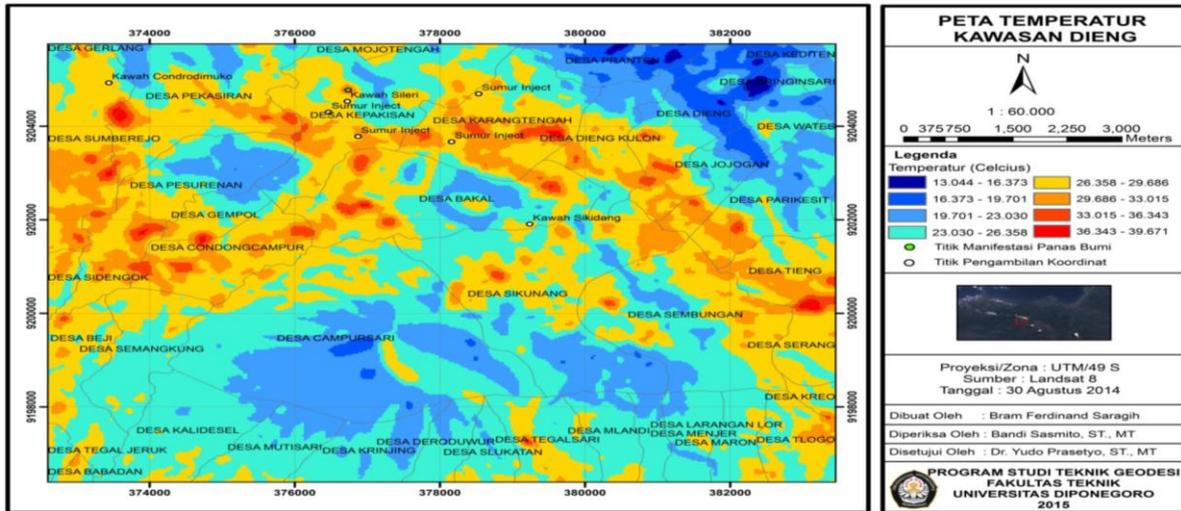
IV.1. Hasil



Gambar IV.1. Peta Temperatur Permukaan Kawasan Dieng Tahun 2003



Gambar IV.2. Peta Temperatur Permukaan Kawasan Dieng Tahun 2006



Gambar IV.3. Peta Temperatur Permukaan Kawasan Dieng Tahun 2014

IV. Analisis

Berdasarkan citra landsat 7 tahun 2003 yang telah diolah maka dapat dianalisis bahwa citra landsat dapat merekam kenampakan dari manifestasi panas bumi yang ada dilapangan penelitian. Panas bumi yang teridentifikasi tersebut berupa Kawah Sileri dengan luas 24,002.0607 m², Kawah Condrodimuko dengan luas 7,301.0584 m², Kawah Sikidang dengan luas 12,021.6106 m² dan satu sumur *inject* di sebelah Timur Kawah Sileri dengan luas 11,971.9100 m². Dengan distribusi anomali suhu yang disajikan pada gambar IV.13. dapat diinterpretasikan bahwa daerah yang memiliki suhu dengan kisaran 12,812 °C – 22,475 °C berada pada kawasan yang lebih tinggi dari pada daerah sekitarnya ataupun dapat dikatakan sebagai perbukitan, vegetasi dan perkebunan. Sedangkan untuk temperatur dengan kisaran 22,475 °C – 25,696 °C diinterpretasikan sebagai vegetasi dan perkebunan. Dan untuk temperatur dengan rentang antara 25,696 °C – 38,579 °C dapat diinterpretasikan sebagai daerah pemukiman, vegetasi, tanah kosong, sumur *inject* dan kawah.

Berdasarkan citra landsat 7 tahun 2006 yang telah diolah maka dapat dianalisis bahwa manifestasi yang dapat direkam oleh citra landsat 7 ialah Kawah Sileri dengan luas 23,755.7139 m², Kawah Condrodimuko dengan luas 2,681.6293 m². Anomali yang suhu yang terjadi pada hasil olahan citra landsat 7 tahun 2006 menunjukkan adanya penurunan suhu permukaan dan kemungkinan hal tersebut dapat disebabkan karena

pada waktu perekaman kawasan Dieng dan sekitarnya sedang mengalami musim kemarau. Untuk analisis suhu maka dapat diinterpretasikan bahwa rentang suhu 11,180 °C – 18,226 °C berupa daerah yang lebih tinggi (perbukitan), hutan, vegetasi, untuk rentang suhu 21,748 °C – 25,271 °C berupa kawasan perkebunan, lahan kosong, dan vegetasi, untuk rentang suhu 25,271 °C – 39,362 °C berupa kawasan pemukiman, vegetasi, lahan kosong, sumur *inject* dan kawah.

Berdasarkan citra landsat 8 tahun 2014 yang telah diolah bahwa dapat dianalisis bahwa citra landsat 8 tahun 2014 dapat merekam seluruh kenampakan manifestasi panas bumi, namun untuk perhitungan luas hanya dapat dilakukan pada manifestasi Kawah Sileri dengan luas 36,083.1687 m² sedangkan untuk penampakan manifestasi lainnya masuk kedalam wilayah anomali suhu dengan rentang suhu sama yang mencakup wilayah yang sangat luas. Anomali suhu yang terjadi pada Kawasan Dieng yang direkam oleh citra landsat 8 menunjukkan adanya peningkatan suhu permukaan, hal tersebut dimungkinkan dipengaruhi oleh adanya pemanasan global. Untuk analisis suhu maka dapat diinterpretasikan bahwa rentang suhu 13,044 °C – 23,030 °C merupakan daerah yang lebih tinggi (perbukitan), hutan, dan perkebunan. Untuk rentang suhu 23,030 °C – 26,358 °C berupa kawasan perkebunan, lahan kosong dan vegetasi. Sedangkan untuk rentang suhu 26,358 °C – 39,671 °C merupakan daerah lahan kosong,

pemukiman, vegetasi, sumur *inject* dan kawah.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari aspek spasial, temporal dan spektral maka dapat disimpulkan:
 - a. Kanal termal atau kanal 6 pada landsat 7 dan kanal TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) atau kanal 10 dan 11 pada landsat 8 terbukti dapat memberikan informasi temperatur permukaan yang kemudian dapat dijadikan acuan dalam penentuan manifestasi panas bumi dengan luas manifestasi lebih besar dari 30 m x 30 m. Manifestasi panas bumi yang terdeteksi pada penelitian ini dominan berada dijalur Barat Laut, Utara menuju ke Tenggara.
 - b. Melalui analisis temporal maka manifestasi panas bumi yang memiliki intensitas produksi panas yang baik adalah Kawah Condrodimuko dan Kawah Sileri, hal tersebut didasari pada pemantauan pada tahun 2003, 2006 dan 2014 menunjukkan adanya aktivitas produksi panas yang teridentifikasi.
 - c. Melalui analisis spektral maka citra landsat dapat digolongkan memiliki tingkat resolusi spektral sedang karena pada citra landsat 7 hanya memiliki 7 kanal sedangkan untuk landsat 8 memiliki 11 kanal.
2. Besar suhu manifestasi panas bumi yang terdeteksi adalah 25⁰C – 39⁰C, pada lapangan penelitian tidak semua pada rentang suhu tersebut merupakan manifestasi panas bumi. Pemisahan dapat dilakukan dengan melakukan tumpang tindih terhadap citra landsat itu sendiri, dengan memanfaatkan teknologi *Google Earth* ataupun dengan memanfaatkan citra dengan resolusi tinggi namun dengan biaya yang relatif besar.
3. Berdasarkan luas dan suhu manifestasi panas bumi yang terdeteksi, maka hanya Kawah Sileri yang dapat dijadikan tempat pembangkit listrik tenaga panas bumi. Sedangkan untuk Kawah

Sikidang dan Kawah Condrodimuko lebih cocok sebagai objek pariwisata ataupun dimanfaatkan untuk keperluan lain oleh penduduk setempat. Hal ini juga dibuktikan dengan tinjauan lapangan.

IV.2. Saran

1. Sebaiknya dihindari pemakaian citra landsat yang memiliki awan menutupi wilayah penelitian, karena sensor termal tidak dapat menembus awan.
2. Sebaiknya gunakan citra satelit yang memiliki kanal termal dengan resolusi spasial yang lebih baik dari pada citra landsat.
3. Untuk mempermudah menganalisis kemampuan citra landsat dalam merekam kenampakan manifestasi panas bumi sebaiknya dilakukan tinjauan lapangan dengan mengambil titik-titik sampel pada manifestasi panas bumi yang mungkin terekam oleh satelit landsat.
4. Sebaiknya data diambil ketika musim kemarau untuk mendapatkan suhu permukaan yang lebih rendah, sehingga dapat dengan mudah menganalisis anomali temperatur panas bumi.
5. Penginderaan jauh dalam mengidentifikasi ketersediaan energi panas bumi pada penelitian ini tidak lepas dari interdisiplin ilmu lain (geologi, geofisika, geokimia). Dikarenakan hasil data penginderaan jauh hanya untuk membuktikan ketersediaan energi panas bumi pada suatu wilayah, sedangkan untuk menghitung nilai keekonomisan dari energi panas bumi tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut dari disiplin ilmu lainnya.

Daftar Pustaka

- Bagus, K. S. A. M. 2012. Identifikasi Persebaran PanasBumi Daerah Jawa Tengah Menggunakan Data Citra Satelit Landsat. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Channel, K. 2011. Geologi Daerah Batur Dan Sekitarnya, Serta Penyebaran Boron Dalam Tanah Dan Hubungannya Dengan Struktur Geologi Yang Berkembang,

- Kabupaten Banjarnegara-Wonosobo, Jawa Tengah, Indonesia. *Skripsi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Lilliesand, T., dan Kiefer, R. (1979). *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: Jhon Wiley and Sons.
- Nashrullah, S. (2006). Studi kelembaban Tanah dengan Data Satelit Landsat ETM+ menggunakan Metode TVDI. *Skripsi*. Bandung: Institusi Teknologi Bandung.
- Pohan, M. P. dan R. Hutamadi. 2008. Penelitian Mineral Ikutan Pada Lapangan Panas Bumi Daerah Dieng, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. *Penelitian*. Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi.
- Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh & Pengolahan Citra Dijital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Bandung: Informatika Bandung.
- Purwadhi, S, H. 2000. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT Grasindo.
- Sabins, F. S. (1996). *Remote Sensing; Principles and Interpretation (Third Edition)*. Los Angeles: W.H. Freeman and Company.
- Saptadi, N. M. 2001. *Teknik Panas Bumi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Shu Kesheng, H.M. (2010). Application of Remote Sensing Technology in Geothermal Exploration. *Proceedings World Geothermal Congress*.
- Siahaan M N. 2011. Propek Panasbumi Dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Kawasan Patuha). *Tugas Akhir*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh*. Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Thoha A S. 2008. Karakteristik Citra Satelit. *Karya Tulis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Utami, P. dan Soetoto. 2001. Peran Citra Penginderaan Jauh Dalam Pengembangan Sumber Daya Panas Bumi. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Penginderaan Jauh*. Mataram: 11-12 Juli.
- Utama Widya, Riski S, Bahri A.S., dan Warnana D.D. 2012. Analisis Citra Landsat ETM+ untuk Kajian Awal Penentuan Daerah Potensi