
**IDENTIFIKASI POTENSI PANAS BUMI MENGGUNAKAN LANDSAT 8 SERTA PENENTUAN LOKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI
(Studi Kasus : Kawasan Gunung Lawu)**

Teguh Hariyanto¹, Farrel Narendra Robawa¹

¹Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Email : tgh_hary@yahoo.com

Abstract

Indonesia is located in the meeting point of several tectonic plates that related to the potential of geothermal energy. Geothermal energy in Indonesia spread in Jawa, Sumatra, Sulawesi, Nusa Tenggara, and other provinces. Their surface manifestations such as fumaroles, hot ground, sinter silica, hydrothermal alteration and hot springs is an indicator of geothermal energy. All manifestations of the surface has a relatively higher temperature than the surrounding environment (anomaly). First step to identify geothermal, is to study the characteristics of the potential area (landform). Identifying potential areas of geothermal can be detected using remote sensing (thermal channels) Landsat 8. Thermal channels is very effective to identify geothermal manifestations with wide area of research. The results of the processing of Landsat 8 will generate to temperature anomalies that indicate of heat manifestations. However, these anomalies are not all manifestations of geothermal. Therefore, there should be a further processing with predetermined parameters. Mount Lawu, located in Karanganyar District, Central Java and Magetan District, East Java, has predicted geothermal potential energy. Total potential of geothermal energy was process by overlay several parameters; land surface temperature anomalies, vegetation density anomaly, and preliminary survey data. The identification results of Geothermal Potential is 275 MWe . Using geographical information system analysis show that potential area for power plant is 159 920 km² (15992.094 Ha) and not potential area is 487 560 km² (48756.068 Ha).

Keywords: Geothermal, Landsat 8, Remote Sensing, Power Plant, Geographical Information System

Abstrak

Indonesia berada dalam kerangka tektonik dunia yang sangat erat kaitannya dengan potensi energi panas bumi (geothermal). Potensi geothermal di Indonesia tersebar di berbagai provinsi yaitu Jawa, Sumatra, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan provinsi lainnya. Adanya manifestasi permukaan seperti fumarol, tanah beruap panas, sinter silica, alterasi hidrotermal dan mata air panas merupakan indikator adanya energi panas bumi. Semua manifestasi permukaan tersebut memiliki suhu yang relatif lebih tinggi dari lingkungan sekitarnya (anomali). Langkah awal dalam mengidentifikasi potensi geothermal antara lain ialah kajian karakteristik daerah potensi. Dalam hal ini untuk mengidentifikasi daerah potensi panas bumi dapat dilakukan dengan menggunakan penginderaan jauh (kanal termal) citra satelit Landsat 8. Dengan memanfaatkan kanal thermal Landsat 8 sangat efektif dalam mengidentifikasi karakteristik spektral permukaan dikarenakan wilayah penelitian yang cukup luas. Hasil pengolahan Landsat 8 kanal termal akan menghasilkan anomali suhu yang menunjukkan keberadaan manifestasi panas. Namun anomali tersebut tidak semua merupakan manifestasi panas bumi. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan dalam pengidentifikasian potensi panas bumi dengan parameter yang telah ditentukan. Gunung Lawu adalah gunung yang berada diantara Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Magetan yang diduga memiliki potensi energi panas bumi yang cukup besar. Besarnya potensi panas bumi didapatkan berdasarkan penggabungan dan pengolahan dari beberapa parameter yaitu anomali suhu permukaan tanah, anomali kerapatan vegetasi, dan dengan memperhatikan data survei pendahuluan yang ada. Didapatkan hasil identifikasi potensi panas bumi sebesar 275 MWe. Dengan menggunakan analisa sistem informasi geografis didapatkan penentuan lokasi pembangunan PLTP dengan area yang sesuai sebesar 159,920 km² (15.992,094 Ha) dan tidak sesuai sebesar 487,560 km² (48.756,068 Ha).

Kata Kunci: Panas Bumi, Landsat 8, Penginderaan Jauh, PLTP, Sistem Informasi Geografis

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia berada dalam kerangka tektonik dunia yang sangat erat kaitannya dengan potensi energi panas bumi (geothermal). Dengan potensi

sebesar 28.170 Mw (40 %) dari total potensi di dunia dan hanya 1.179 Mw yang telah digunakan. Energi ini memiliki keunggulan yaitu bersifat ramah lingkungan dan terbarukan. Energi panas bumi tidak dapat ditransport kecuali dalam bentuk energi listrik, sehingga sangat ideal untuk dipakai memenuhi kebutuhan energi lokal dalam hal kebutuhan energi listrik. Secara sederhana, energi panas bumi adalah energi panas yang dipindahkan dari bagian dalam bumi. Energi tersebut dapat diambil dalam bentuk uap atau air panas. Sumber panas bumi didefinisikan sebagai suatu reservoir di mana energi panas bumi dapat diekstraksi secara ekonomis dan dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, keperluan industri, pertanian atau keperluan - keperluan domestik yang sesuai (Armstead, 1978)

Perlu adanya kajian geosains untuk memaksimalkan potensi yang ada yaitu dengan memanfaatkan kanal thermal Landsat 8 dan data survei pendahuluan. Hasil karakteristik spektral permukaan, anomali suhu, dan beberapa parameter yang akan menunjukkan keberadaan potensi panas bumi. Dengan adanya pembuatan peta potensi dan peta rekomendasi lokasi PLTP digunakan untuk mendeskripsikan informasi geospasial dan bahan rekomendasi dalam penentuan lokasi pembangunan PLTP.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Dan Peralatan

- Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Citra Landsat 8
2. Data hasil survei eksplorasi pendahuluan (data geologi, geofisika, dan geokimia) di Kawasan Gunung Lawu
3. Peta dasar (Basemap) berupa Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25000, yaitu lembar Peta Poncol dan Ngerambe

- Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Notebook ASUS core i5, RAM 4GB
2. Printer Canon IP2770
3. Kamera Digital Sony α 6000
4. GPS Handheld GARMIN
5. Software dalam mengolah citra
6. ArcGIS 10.2

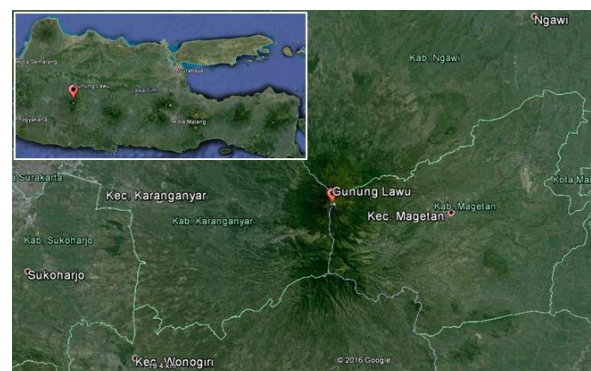
7. Autocad LandDekstop 2009

8. Microsoft Office 2016 untuk pembuatan laporan dan data tabular

9. Software dalam pembuatan diagram alir

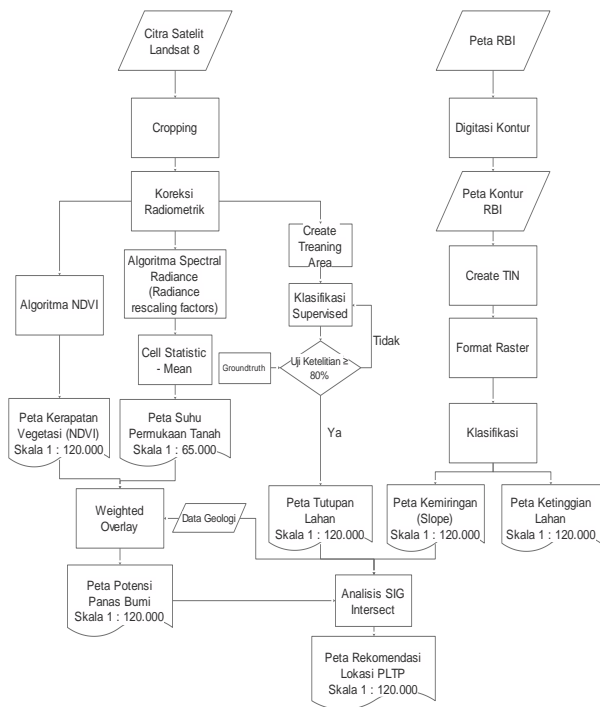
Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini mengambil daerah studi di Gunung Lawu yang sebagian besar termasuk ke dalam Kecamatan Metasih, Karangpandan, Jenawi, Tawangmangu, Ngargoyoso, Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah dan sebagian kecil termasuk Kecamatan Plaosan, Poncol Kabupaten Magetan Provinsi Jawa Timur, dengan koordinat batas penelitian antara 505000 – 530000 mT dan 9145000 – 9171000 mU pada sistem koordinat UTM, zona 49 belahan bumi selatan.



Gambar 1. Lokasi penelitian, Kawasan Gunung Lawu (Sumber: Google Maps, 2016)

Tahapan pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini seperti pada gambar di bawah ini:



Penjelasan dari tahapan pengolahan data diagram alir diatas adalah sebagai berikut:

- 1. Tahap Pemrosesan Data Citra Satelit Landsat 8**
 Data citra satelit Landsat 8 digunakan untuk mengetahui tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah dari area penelitian. Tutupan lahan didapatkan dengan melakukan klasifikasi pada citra satelit ini. Metode yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah *supervised classification* dengan tipe klasifikasi menggunakan *maximum likelihood* yang sebelumnya membuat terlebih dahulu *Training Area* dari digitasi Peta RBI. Kerapatan vegetasi didapatkan dari perhitungan algoritma *NDVI* pada band *near infrared* dan band *red* pada citra satelit ini. Dan untuk peta suhu permukaan tanah didapatkan dengan melakukan pengolahan (*algoritma LST*, *algoritma LSE*) dengan memanfaatkan band *thermal* (band 10 dan band 11) pada citra satelit ini.
- 2. Tahap Pemrosesan Peta RBI**
 Pada Peta RBI dilakukan digitasi untuk mendapatkan peta dalam format *vektor*. Digitasi dilakukan untuk mendapatkan beberapa fitur batas administrasi, jalan, dan tutupan lahan. Batas administrasi digunakan untuk dasar pemotongan citra satelit sesuai dengan area studi pada data survei pendahuluan. Selain itu, peta RBI juga digunakan untuk referensi penentuan

klasifikasi tutupan lahan pada citra. Setelah melakukan proses klasifikasi maka didapatkan peta ketinggian lahan dan peta kemiringan lahan. Kemiringan lahan yang selanjutnya digunakan dalam parameter penentuan potensi dan lokasi PLTP.

3. Tahap Analisa

Analisa potensi panas bumi yaitu dengan menggunakan hasil dari anomali suhu permukaan tanah dengan data kerapatan vegetasi beserta data pendahuluan yang ada. Selanjutnya parameter – parameter yang telah ditentukan dalam membantu menentukan lokasi PLTP sehingga dapat diintegrasikan menjadi satu data baru yang memuat berbagai informasi yang ada dengan lebih baik [Robbany,2013]. Untuk model pengklasifikasian dalam penentuan lokasi PLTP ini adalah boolean integration model, dengan klasifikasi dibagi dalam dua wilayah berbeda. Daerah yang dianggap daerah yang sesuai diberikan nilai 1 dan lainnya diberikan nilai 0. Daerah yang sesuai untuk lokasi PLTP ditentukan berdasarkan parameter - parameter. Parameter-parameter yang dibutuhkan yaitu tutupan lahan, kemiringan lahan, struktur geologi, akses jalan dan lokasi sumber mata air panas. Parameter tersebut berpedoman pada *Proceedings Geothermal Potential Site Selection Using Gis In Iran* [Yousefi,2007] seperti pada tabel.

Tabel 1. Parameter penentuan lokasi PLTP

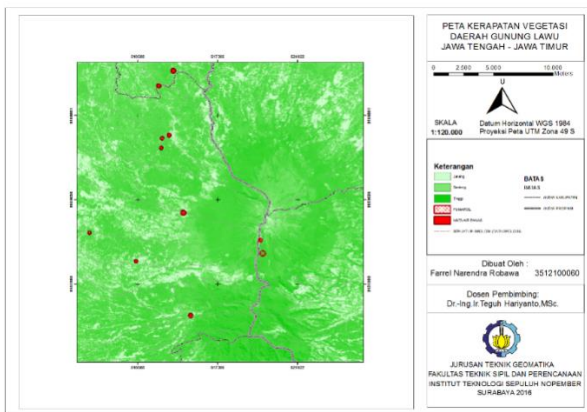
Parameter	Daerah yang tidak sesuai
Tutupan Lahan	Pemukiman
Kemiringan	Kemiringan >15 %
Patahan	Patahan dengan buffer sejauh 200 m
Permukiman	Area Permukiman dengan buffer 500 m
Akses Jalan	Akses Jalan dengan buffer 100 m
Lokasi sumber panas bumi	Sumber panas bumi buffer 200 m

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengolahan Kerapatan Vegetasi

Untuk mendapatkan peta tutupan lahan, metode yang digunakan yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode *maximum likelihood*. Diawali dengan menentukan *training area* dimana suatu sampel pixel area yang didefinisikan sebagai jenis tutupan lahan tertentu. Pengambilan sampel area untuk jenis tutupan

lahan didasarkan dari interpretasi citra dan peta RBI.

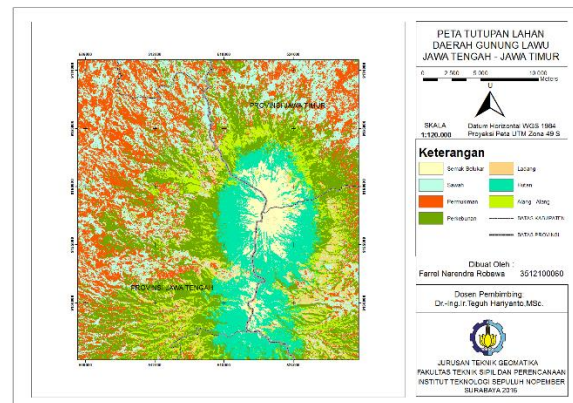


Gambar 2. Hasil Pengolahan Kerapatan Vegetasi

Dihasilkan nilai NDVI dengan rentang sebesar (-0.118) – 0.608. NDVI bernilai positif (+) terjadi karena permukaan vegetasi lebih banyak memantulkan radiasi pada gelombang panjang infra merah dibandingkan dengan cahaya tampak, indeks vegetasi yang bernilai nol (0) karena pemantulan energi yang direkam oleh gelombang cahaya tampak sama dengan gelombang inframerah dekat, sering terjadi di daerah pemukiman dan daratan non vegetasi. Sedangkan NDVI bernilai negatif (-) karena permukaan awan dan air lebih banyak memantulkan energi gelombang cahaya tampak dibandingkan infra merah dekat. Dari nilai NDVI tersebut kemudian dikelaskan sesuai kisaran tingkat NDVI dari Departemen Kehutanan (2003) yang membagi menjadi 3 kelas yaitu jarang, sedang dan tinggi.

B. Hasil Pengolahan Tutupan Lahan

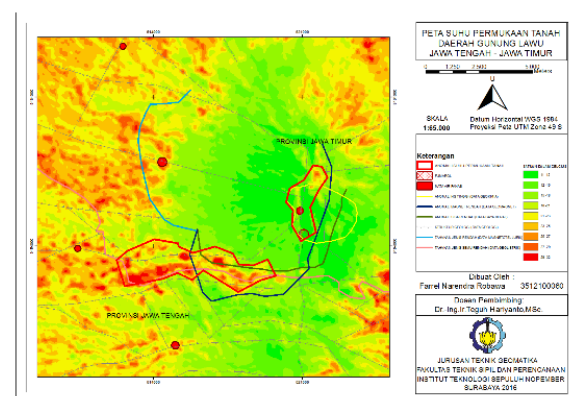
Klasifikasi tutupan lahan yang dihasilkan berupa semak belukar, sawah, ladang, hutan, permukiman dan alang-alang. Dapat dilihat pada gambar 3. Adanya dominasi area hutan dan semak belukar di Kawasan Gunung Lawu, sedangkan area permukiman berada pada sebelah barat laut dari Kawasan Gunung Lawu. Sedangkan di sebelah selatan dari Kawasan Gunung Lawu masih didominasi areahutan, semak belukar dan alang-alang karena masih merupakan daerah pegunungan.



Gambar 3. Hasil Pengolahan Tutupan Lahan

C. Hasil Pengolahan Suhu Permukaan Tanah (LST)

Untuk suhu permukaan tanah memiliki nilai dengan rentang sebesar 11 – 32°C dengan tingkat persebaran LST yang paling tinggi yaitu berada di sebelah barat daya dari Gunung Lawu. Sedangkan untuk tingkat LST paling rendah yaitu berada di hampir sekitar puncak Gunung Lawu yang berupa hutan karena pengaruh dari tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi. Adanya area yang memiliki tingkat LST yang besar diantara LST yang kecil (*anomali*) di sebelah barat daya dari puncak Gunung Lawu. Anomali ini dapat terjadi sebagai dampak suhu yang ada pada manifestasi panas bumi dan dijadikan sebagai tinjauan awal penentuan potensi panas bumi.

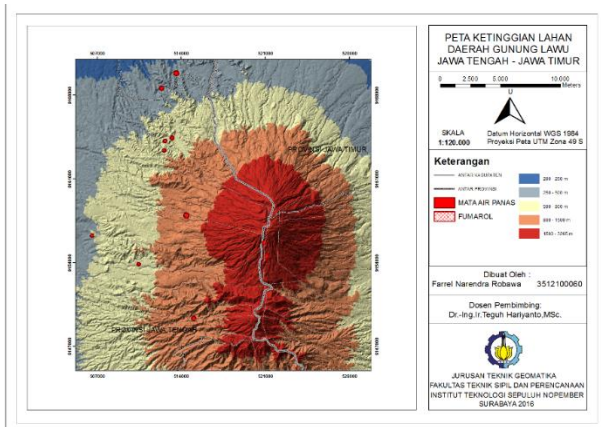


Gambar 4. Hasil Pengolahan Suhu Permukaan Tanah

D. Hasil Pengolahan Ketinggian dan Kemiringan Lahan

Ketinggian lahan pada daerah penelitian adalah 200 – 3265 m. Untuk kelas-kelas dari kemiringan

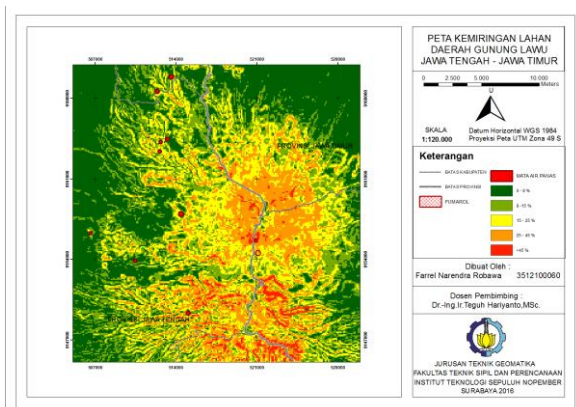
lahan terbagi menjadi 5 kelas yang mengacu pada Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah seperti pada tabel 2. Kemiringan lahan dengan nilai >45% berada pada sekitar puncak yang memanjang ke arah selatan pada daerah penelitian. Pada Kawasan Gunung Lawu memiliki tiga puncak, Puncak Hargo Dalem, Hargo Dumiling dan Hargo Dumilah. Hasil pengolahan untuk ketinggian lahan dan kemiringan lahan berdasarkan kelasnya adalah sebagai berikut



Gambar 5. Hasil Pengolahan Ketinggian Lahan

Tabel 2. Kelas Kemiringan Lahan

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
1	0 – 8	Datar
2	8– 15	Landai
3	15– 25	Agak curam
4	25 - 45	Curam
5	> 45	Sangat curam



Gambar 6. Hasil Pengolahan Kemiringan Lahan

E. Analisa Potensi Panas Bumi

Dalam menentukan area potensi panas bumi di Kawasan Gunung Lawu dibutuhkan beberapa parameter yaitu sebagai berikut :

1. Pengolahan Landsat 8

Dari hasil pengolahan data citra satelit Landsat 8 didapatkan area anomali suhu permukaan sebesar 18,6 km² dengan luas daerah penelitian sebesar 25 x 25 km (625 km²)

2. Survei Geologi

Dalam survei geologi yang menunjukkan daerah potensi panas bumi terdapat 3 bagian manifestasi berupa 8 kelompok mata air panas, batu ubahan dan 2 fumarol. Selain itu, juga terdapat struktur geologi (sesar) berarah barat-timur dan barat laut-tenggara yang dipengaruhi oleh gaya tektonik regional Pulau Jawa yang berarah utara-selatan. Sesar ini yang memfasilitasi keluarnya sejumlah mata air panas di lokasi penelitian.

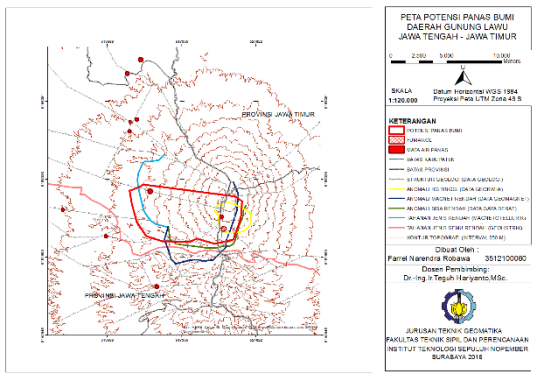
3. Survei Geokimia

Dalam survei geokimia yang mengindikasikan area potensi panas bumi adanya nilai anomali dalam pengukuran sebaran Hg dan CO₂ yang tinggi. Untuk nilai Hg yang dianggap anomali adalah Hg > 200 ppb yang berlokasi di air panas Kawah Candradimuka, sedangkan CO₂ yang dianggap anomali adalah CO₂ > 4.5% yang berlokasi di sekitar fumarol dan mata air panas Kawah Candradimukan serta mata air panas Tasin.

4. Survei Geofisika

Terdapat 3 jenis survei geofisika yang telah dilakukan yaitu survei gaya berat, geomagnetik, dan tahanan jenis DC. Berdasarkan survei geomagnetik adanya sebaran anomali magnet rendah di sekitar mata air panas Kwah Candradimuka yang melebar ke arah barat daya. Dalam survei gaya berat terlihat adanya sebaran yang cukup variatif ke arah barat laut tenggara dan barat daya – timur laut. Pada sebaran tahanan jenis semu rendah hampir mendominasi daerah penyelidikan tersebar di sebelah barat dan membesar ke arah selatan Gunung Lawu

Setelah semua parameter dalam penentuan area potensi panas bumi selesai diolah kemudian seluruh area parameter seperti area anomali suhu permukaan tanah, anomali kerapatan vegetasi, anomali survei geokimia, anomali survei geofisika dan parameter survei geologi digabungkan ataudioverlay sehingga menghasilkan area baru yaitu area potensi panas bumi di Kawasan Gunung Lawu sebesar 17 km². Untuk hasil Peta potensi panas bumi sebagai berikut :



Gambar 7. Hasil Pengolahan Potensi Panas Bumi

Besarnya potensi panas bumi Gunung Lawu di tentukan dengan menggunakan metode volumetrik(Lump Parameter) dengan menggunakan asumsi tebal *reservoir* = 2 km, *recovery factor* = 50%, faktor *konversi* =10% dan *lifetime* = 30 tahun. Dengan luas prospek terduga = 17 km², temperature bawah permukaan 250°C [5], dan temperatur *cut-off* = 180°C maka potensi energi panas bumi di daerah Gunung Lawu sebagai berikut :

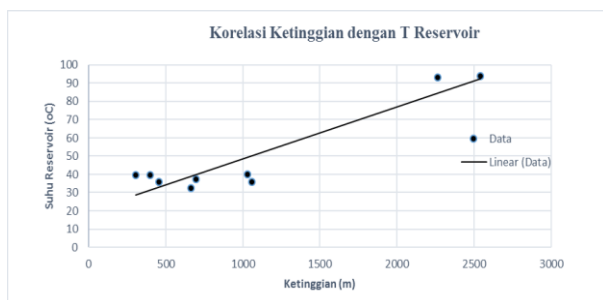
$$Q = K \times A \times (T_{res} - T_{cut-off})$$

$$Q = 0,2317 \times 17 \times (250 \text{ }^{\circ}\text{C} - 180 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 275 \text{ MWe}$$

Jadi, besarnya potensi panas bumi kelas spekulatif dari *reservoir* panas bumi di Gunung Lawu adalah sekitar 275 MWe.

2. Analisa Korelasi Ketinggian dengan Suhu Reservoir

Dari data ketinggian pada masing - masing mata air panas dapat dikorelasikan dengan suhu reservoir pada masing-masing mata air panas tersebut. Untuk tingkat korelasi antara ketinggian mata air panas terhadap suhu reservoir dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

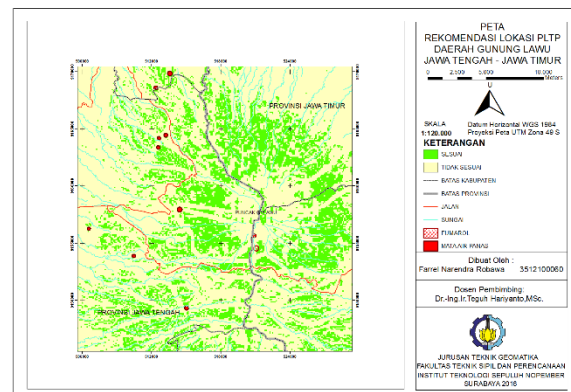


Dari gambar di atas di dapatkan hubungan antara ketinggian dengan suhu reservoir sangat kuat

dengan nilai korelasi > 80%. Semakin kecil nilai ketinggian (semakin rendah permukaannya) maka suhu reservoir yang ada juga semakin kecil. Begitu juga sebaliknya dimana semakin besar ketinggiannya maka semakin besar suhu reservoir. Hal ini dapat terjadi karena letak mata air panas dengan ketinggian yang makin tinggi akan mengakibatkan semakin dekatnya dengan puncak Gunung Lawu. Dapat dikatakan bahwa pengaruh dari aliran magma yang ada di dalam Gunung Lawu berpengaruh terhadap naiknya suhu reservoir yang berada dekat puncak Gunung Lawu.

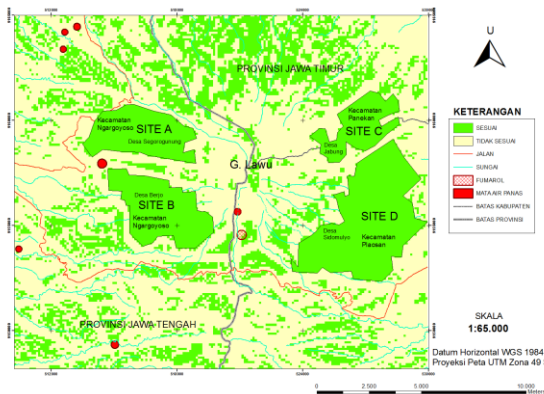
3. Analisa Rekomendasi Lokasi PLTP

Daerah yang sesuai untuk lokasi PLTP ditentukan berdasarkan parameter tutupan lahan, kemiringan lahan, struktur geologi, akses jalan dan lokasi sumber mata air panas.



Gambar 8. Hasil Pengolahan Rekomendasi Lokasi PLTP

Untuk rekomendasi lokasi PLTP dengan luas area penelitian sebesar 25 x 25 km, didapatkan area yang sesuai untuk lokasi PLTP sebesar 159,920 km² dan area yang tidak sesuai sebesar 487,560 km². Dapat terlihat bahwa untuk area yang sesuai dengan pembangunan PLTP di sebelah barat dan timur dari Gunung Lawu dikarenakan slope yang tidak terlalu curam. Untuk rekomendasi lokasi pembangunan PLTP terbagi menjadi 4 site, yaitu Site A, Site B, Site C, dan Site D.



Gambar 9. Data site untuk rekomendasi pembangunan PLTP

Tabel 3. Rekomendasi site lokasi PLTP

Site	Lokasi	Desa	Luas area (km ²)
A	Barat G. Lawu	Segorogunung	9,804
B	Barat Daya G. Lawu	Berjo	11,379
C	Timur Laut G. Lawu	Jabung	6,972
D	Timur G. Lawu	Sidomulyo	22,562

Karena sumber mata air panas terletak di sebelah selatan dari Gunung Lawu maka area yang sesuai dan direkomendasikan adalah site B dikarenakan memiliki jarak yang lebih dekat dengan sumber mata air panas dan jarak lokasi dengan jalan kurang dari 800 meter sehingga apabila PLTP dibangun tidak memerlukan biaya yang lebih banyak karena instalasi pipanya tidak terlalu panjang. Dengan luas site B sebesar 11,379 km² (1137,905 Ha) sangat mencukupi untuk dibangunnya PLTP dikarenakan luas minimum pembangkit hanya memerlukan lahan seluas 404 m² (0,04 Ha) per GWh atau antara 0,004 - 0,03 km² (0,4 - 3 Ha). Site B berada di Desa Berjo, Kecamatan Nargoyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, Indonesia. Penggunaan lahan dari wilayah Desa Berjo sebagian besar adalah tanah pekarangan dan selebihnya berupa hutan, serta tanah sawah dengan irigasi.

PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Didapatkan luas area potensi panas bumi sebesar 17km².
2. Dengan perhitungan kelas spekulatif didapatkan potensi sekitar 275 Mwe,

dengan area yang berpotensi sebesar 0,0272% dari seluruh area penelitian.

3. Didapatkan area yang sesuai untuk rekomendasi lokasi pembangunan PLTP sebesar 50,717 km² dan area yang tidak sesuai sebesar 574,283 km². Dan site yang direkomendasikan adalah site B (Desa Berjo) dengan luas 11,379km².

Saran yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Sebaiknya dihindari pemakaian data Landsat 8 pada daerah penelitian yang memiliki banyak awan, karena sensor termal tidak dapat menembus awan.
- b. Untuk rekomendasi lokasi pembangunan PLTP selanjutnya dapat mempertimbangkan dari aspek lainnya, seperti aspek lingkungan, aspek ekonomi sekitar (sosio-ekonomi) dan pelaksanaannya sesuai Undang-undang yang berlaku.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Bapak Dr.-Ing.Ir.Teguh Hariyanto,MSc. atas kesediaannya untuk membimbing dalam penelitian ini. Selain itu tidak lupa penulis ucapkan kepada Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi yang telah memberikan dukungan berupa data yang sangat berguna dalam menunjang penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Armstead, H.C.H. 1978. *Geothermal Energy*. London - New York : E & F N
- Robbany, I. F., Kurniawan A., Taufik M., *Determination of Geothermal Power Plant Site from Geological Data and Digital Elevation Models*. Asian Conference of Remote Sensing. Bali (2013): P-S04-025.
- Tim Geologi dan Tim Geofisika, 2009, *Penyelidikan Terbaru Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi G. Lawu, Kab Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah dan Kab. Magetan, Provinsi Jawa Timur*, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi
- Yousefi, H., Ehara, S., dan Noorollahi, Y., (2007). *GEOTHERMAL POTENTIAL SITE SELECTION USING GIS IN IRAN. PROCEEDINGS, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*: California