

SKRIPSI

ANALISIS ANOMALI SUHU DAN KERAPATAN VEGETASI BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN POTENSI PANAS BUMI DI WILAYAH KERJA PANAS BUMI RANTAU DEDAP PROVINSI SUMATERA SELATAN



**SAHRUL MUSLIM
03021281621039**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

SKRIPSI

ANALISIS ANOMALI SUHU DAN KERAPATAN VEGETASI BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN POTENSI PANAS BUMI DI WILAYAH KERJA PANAS BUMI RANTAU DEDAP PROVINSI SUMATERA SELATAN

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Jurusan Teknik Pertambangan**



**SAHRUL MUSLIM
03021281621039**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS ANOMALI SUHU DAN KERAPATAN VEGETASI BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN POTENSI PANAS BUMI DI WILAYAH KERJA PANAS BUMI RANTAU DEDAP PROVINSI SUMATERA SELATAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

SAHRUL MUSLIM
03021281621039

Indralaya, Februrari 2021

Disetujui dan Disahkan Oleh,
Pembimbing I



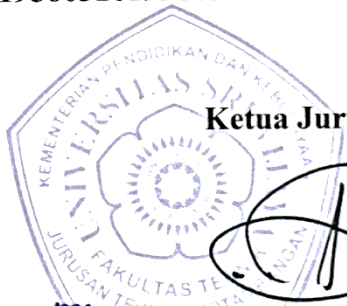
Dr. Ir. Adang Suherman, M.T.
NIP. 195603161990031001

Pembimbing II



Bochori, S.T, M.T.
NIP. 197410252002121003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T, M.T.
NIP. 196902091997032001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sahrul Muslim
NIM : 03021281621039
Judul : Analisis Anomali Suhu dan Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Citra Satelit Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Panas Bumi di Wilayah Kerja Panas Bumi Rantau Dedap Provinsi Sumatera Selatan

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, 3 Februari 2021



Sahrul Muslim
03021281621039

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sahrul Muslim
NIM : 03021281621039
Judul : Analisis Anomali Suhu dan Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Citra Satelit Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Panas Bumi di Wilayah Kerja Panas Bumi Rantau Dedap Provinsi Sumatera Selatan

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya demi kepentingan akademik. Apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 3 Februari 2021



Sahrul Muslim
03021281621039

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini ku persembahkan untuk orang-orang hebat ku tercinta yaitu keluargaku Bapak H. Muslim Jang, Ibu Hj. Salehati, Kumala Dewi M, S.T., Sartika, S.Pd., Fakhri Muslim, S.P. dan Bunga Sari Iriyanto, S.Hut. yang telah membantu dan memberikan support untuk penyelesaian studi disini serta sahabat – sahabat PERMATO SUMSEL dan BLUEMINERS.

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap **Sahrul Muslim** yang merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Ayah bernama H Muslim Jang dan Ibu bernama Hj Salehati. Memiliki tiga orang kakak yang bernama Kumala Dewi M, S.T, Sartika S.Pd dan Fakhri Muslim, S.P. Penulis lahir di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat, 04 November 1998. Penulis menyelesaikan masa Pendidikan dari Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kota Padang. Penulis mengenyam Pendidikan di SD Pertiwi II Padang (2004-2010), SMP Negeri 1 Padang (2010-2013) dan SMA Negeri 2 Padang (2013-2016).

Alhamdulillah Alhamdulillah pada tahun 2016 saat mengikuti ujian Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri atau yang dikenal dengan SBMPTN, penulis dinyatakan lulus dan diterima di jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Selama perkuliahan penulis aktif di beberapa organisasi seperti KALAM FT UNSRI, PERMATA FT UNSRI dan PERMATO SUMSEL. Penulis pernah menjabat sebagai Wakil Kepala Departemen PPSDM (2017-2018) dan Wakil Ketua Umum PERMATO SUMSEL (2018-2019) serta ikut aktif sebagai Asisten Laboratorium Fisika Dasar (2017-2018).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Anomali Suhu dan Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Citra Satelit Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Panas Bumi di Wilayah Kerja Panas Bumi Rantau Dedap Provinsi Sumatera Selatan”. Penelitian dilakukan pada tanggal 26 Desember 2019 sampai dengan 25 Februari 2020.

Penyelesaian penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terjadi karena bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu, diucapkan terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang telah membantu khususnya kepada Dr. Ir. Adang Suherman, M.T., dan Bochori, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II pada penelitian tugas akhir ini serta kepada pihak-pihak lain, yaitu :

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. DR. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., MT., dan Bochori, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya..
3. Rosihan Pebrianto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik
4. Staf Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Mauliate A.H Sihotang dan Muhammad Dipo Akbar Selaku Pembimbing lapangan serta seluruh karyawan PT Supreme Energy Rantau Dedap yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Penyusunan tugas akhir ini tentu tidak terlepas dari kesalahan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga dapat menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat dan dapat menunjang perkembangan ilmu dan teknologi di kemudian hari.

Indralaya , Februari 2021

Penulis

RINGKASAN

ANALISIS ANOMALI SUHU DAN KERAPATAN VEGETASI BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN POTENSI PANAS BUMI DI WILAYAH KERJA PANAS BUMI RANTAU DEDAP PROVINSI SUMATERA SELATAN.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Januari 2021

Sahrul Muslim; Dibimbing oleh Dr. Ir. Adang Suherman, M.T. dan Bochori, S.T., M.T.

x + 80 halaman, 35 gambar, 9 tabel, 8 lampiran

RINGKASAN

Panas bumi atau *geothermal* merupakan sumberdaya energi baru dan terbarukan yang ramah akan lingkungan yang memanfaatkan energi panas dari dalam bumi. Salah satu prospek panas bumi khususnya daerah Sumatera Selatan, yaitu Rantau Dedap dengan potensi sebesar 193 MW yang dikelola oleh PT Supreme Energy Rantau Dedap. Salah satu pendekatan untuk mengetahui keberadaan potensi panas bumi yaitu dengan metode penginderaan jarak jauh. Penelitian ini menggunakan citra satelit landsat 8 yang telah diakuisisi pada tanggal 27 mei 2019. Parameter yang didapatkan yaitu suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature*) dan kerapatan vegetasi dalam bentuk NDVI (*Normal Difference Vegetation Index*). Hasil suhu permukaan tanah memiliki rentang nilai 15 - 33°C. Suhu permukaan didominasi oleh suhu dengan rentang kelas 22- 26°C dengan luas area 194.395.378 m². Hasil analisis dari interpretasi peta menunjukkan ada delapan zona daerah anomali yang terdapat pada area manifestasi dan *wellpad*. Hasil kerapatan vegetasi dalam bentuk NDVI memiliki rentang nilai -0,08 – 0,62. Kelas yang mendominasi yaitu vegetasi sedang dengan luas area 147.406.456,00 m². Kerapatan vegetasi pada daerah anomali suhu didominasi oleh kerapatan vegetasi rapat dengan luasan area 8.379.448,67 m². Hasil interpretasi peta suhu permukaan dan kerapatan vegetasi dengan sebaran titik manifestasi dan struktur sesar, daerah yang berpotensi *geothermal* pada daerah Rantau Dedap terdapat pada area sekitar kawasan Bukit Besar dan Anak Gunung yang ditandai dengan garis lingkaran merah. Korelasi suhu permukaan dengan kerapatan vegetasi pada daerah anomali suhu memiliki hubungan cukup kuat (sedang) yang searah dengan nilai koefisien korelasi 0,458 hal ini dilihat dari interpretasi dimana pada daerah anomali suhu didominasi oleh kerapatan vegetasi yang tinggi.

Kata Kunci : Panas Bumi, Penginderaan Jarak Jauh, Suhu Permukaan, Kerapatan Vegetasi

Kepustakaan : 23 Daftar pustaka, 1990 – 2017

SUMMARY

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND VEGETATION VEGETATION ANALYSIS BASED ON LANDSAT 8 SATELLITE IMAGE FOR MAPPING OF GEOTHERMAL POTENTIAL IN THE RANTAU GEOTHERMAL WORKING AREA DEDAP SOUTH SUMATERA PROVINCE

Scientific Paper in the form of Skripsi, January 2021

Sahrul Muslim; Supervised by Dr. Ir. Adang Suherman, M.T. and Bochori S.T, M.T

x + 80 pages, 35 Pictures, 9 tables, 8 attachments

SUMMARY

Geothermal is a new and renewable energy resource that is friendly to the environment that utilizes heat energy from within the earth. One of the geothermal prospects, especially in the South Sumatra area, namely Rantau Dedap with a potential of 193 MW, is managed by PT Supreme Energy Rantau Dedap. One of the approaches to determine the existence of geothermal potential is remote sensing method. This study uses Landsat 8 satellite imagery which was acquired on 27 May 2019. The parameters obtained are the land surface temperature and vegetation density in the form of NDVI (Normal Difference Vegetation Index). The results of the soil surface temperature have a value range of 15 - 33 °C. Surface temperature is dominated by temperature with a class range of 22-26 °C with an area of 194,395,378 m². The results of the analysis of the map interpretation show that there are eight anomalous zones in the manifestation area and the wellpad. The results of vegetation density in the form of NDVI have a value range of -0.08 - 0.62. The class that dominates is medium vegetation with an area of 147,406,456.00 m². The vegetation density in the temperature anomaly area is dominated by dense vegetation density with an area of 8,379,448.67 m². The results of the interpretation of the map of surface temperature and vegetation density with the distribution of manifestation points and fault structures, areas with geothermal potential in the Rantau Dedap area are in the area around the Bukit Besar and Anak Gunung areas marked with a red circle line. The correlation between surface temperature and vegetation density in the temperature anomaly area has a strong enough (moderate) relationship which is in the same direction as the correlation coefficient value of 0.458, this can be seen from the interpretation where the temperature anomaly area is dominated by high vegetation density.

Keywords : *Geothermal, Remote Sensing, Land Surface Temperature, Vegetation Density*

Citation : 23 Literature, 1990 - 2017

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| Halaman Sampul | i |
| Halaman Judul..... | ii |
| Halaman Pengesahan | iii |
| Halaman Pernyataan Integritas | iv |
| Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi..... | v |
| Halaman Psersembahan | vi |
| Halaman Riwayat Hidup | vii |
| Kata Pengantar | viii |
| Ringkasan..... | ix |
| Summary | x |
| Daftar Isi..... | xi |
| Daftar Gambar..... | xiii |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Lampiran | xv |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Pembatasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Sistem Panas Bumi | 5 |
| 2.2 Komponen Panas Bumi | 6 |
| 2.2.1 Sumber Panas..... | 7 |
| 2.2.2 Batuan Reservoar | 7 |
| 2.2.3 Fluida | 7 |
| 2.3 Manifestasi Panas Bumi | 8 |
| 2.3.1 <i>Hot Spring</i> | 8 |
| 2.3.2 Telaga Air Panas | 9 |
| 2.3.3 <i>Fumarole</i> | 9 |
| 2.3.4 <i>Geyser</i> | 10 |
| 2.3.5 Batuan Alterasi..... | 10 |
| 2.3.6 Kubangan Lumpur Panas | 10 |
| 2.3.7 Tanah Hangat | 11 |
| 2.4 Parameter Penentuan Sumber Panas Bumi..... | 11 |
| 2.4.1 Suhu Permukaan | 11 |
| 2.4.2 NDVI (<i>Normallized Differences Vegetation Index</i>)..... | 12 |
| 2.5 Korelasi Suhu Permukaan dan Indeks Vegetasi dalam Penentuan Potensi | |

| | |
|---|----|
| Panas bumi..... | 12 |
| 2.6 Potensi Panas Bumi Rantau Dedap..... | 14 |
| 2.7 Penginderaan Jarak jauh | 14 |
| 2.8 Analisis Korelasi Sederhana | 19 |
| 2.9 Penelitian Terdahulu | 21 |
| | |
| BAB 3. METODE PENELITIAN..... | 23 |
| 3.1 Lokasi Penelitian | 23 |
| 3.1.1 Kesampaian Daerah | 24 |
| 3.2 Geologi daerah penelitian | 25 |
| 3.2.1 Geologi Regional | 25 |
| 3.2.2. Stratigrafi | 26 |
| 3.2.3.Litologi Batuan | 28 |
| 3.3 Metode Penelitian | 30 |
| 3.3.1 Tahapan Penelitian | 30 |
| 3.3.2 Jenis dan Sumber Data..... | 30 |
| 3.3.3.Pengambilan Data..... | 31 |
| 3.3.4 Pengolahan dan Analisis Data | 32 |
| 3.3.5.Kesimpulan dan Saran | 34 |
| | |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 36 |
| 4.1 Analisis Suhu Permukaan | 36 |
| 4.2 Analisis Kerapatan Vegetasi | 38 |
| 4.3 Hubungan Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi dengan Potensi <i>Geothermal</i> Rantau Dedap | 40 |
| 4.3.1 Hubungan Suhu Permukaan dengan Kerapatan Vegetasi | 40 |
| 4.3.2.Hubungan Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi pada Daerah Anomali Suhu | 43 |
| 4.3.3 Potensi <i>Geothermal</i> Rantau Dedap berdasarkan suhu permukaan dan kerapatan vegetasi | 44 |
| | |
| BAB 5.KESIMPULAN DAN SARAN | 46 |
| 5.1. Kesimpulan | 46 |
| 5.2. Saran..... | 47 |

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Sistem Energi Panas Bumi | 6 |
| 2.3 Contoh data Landsat 8..... | 20 |
| 3.1 Peta lokasi penelitian di WIUP PT Supreme Energy | 25 |
| 3.2 Peta kesampaian daerah Lapangan Panas Bumi | 26 |
| 3.3 Tiga episode orogonesa | 28 |
| 3.4 Stratigrafi zona barisan | 29 |
| 3.5 <i>Shuttle Radar Topographic Mission</i> (SRTM) Rantau Dedap..... | 30 |
| 3.6 Penampang melintang litologi batuan..... | 31 |
| 3.7 Bagan alir penelitian | 37 |
| 4.1 <i>Layout</i> hasil peta suhu permukaan tanah WKP Rantau Dedap | 38 |
| 4.2 <i>Layout</i> hasil peta kerapatan vegetasi WKP Rantau Dedap | 41 |
| 4.3 Hasil <i>overlay</i> peta suhu permukaan dengan kerapatan vegetasi | 43 |
| 4.4 Daerah anomali pada peta kerapatan vegetasi dan peta suhu permukaan | 45 |
| 4.5 Hasil <i>overlay</i> peta suhu permukaan, kerapatan vegetasi, struktur sesar dan titik manifestasi panas bumi | 47 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Karakteristik citra satelit Landsat 8..... | 19 |
| 3.1 Spesifikasi satelit Landsat 8 yang digunakan..... | 33 |
| 4.1 Luasan area (m ²) berdasarkan suhu permukaan tanah | 39 |
| 4.2 Tingkat kerapatan vegetasi dari Nilai NDVI..... | 40 |
| 4.3 Luasan area (m ²) kerapatan vegetasi daerah anomali suhu..... | 41 |
| 4.4 Luasan area (m ²) berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi | 41 |
| 4.5 Tingkatan hubungan korelasi | 43 |
| 4.6 Hasil uji korelasi sederhana suhu permukaan tanah dengan kerapatan vegetasi (NDVI) | 43 |
| 4.7 Hasil uji korelasi sederhana daerah anomali suhu | 46 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| A. Pengolahan citra satelit Landsat 8..... | 51 |
| B. Metadata citra satelit Landsat 8..... | 64 |
| C. Titik koordinat UTM daerah penelitian WKP Rantau Dedap | 70 |
| D. Data <i>output</i> peta suhu permukaan tanah dan kerapatan vegetasi pada <i>Arcgis 10.3</i> | 71 |
| E. Data manifestasi <i>Geothermal</i> Rantau Dedap..... | 73 |
| F. Uji korelasi sederhana suhu permukaan tanah dengan kerapatan vegetasi menggunakan <i>Software IBM SPSS 20.0</i> | 75 |
| G. Titik koordinat UTM Puncak Gunung di daerah penelitian..... WKP Rantau Dedap | 78 |
| H. Titik koordinat UTM Sumur <i>geothermal</i> daerah Rantau Dedap Pada daerah WKP Rantau Dedap | 79 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi dalam negeri akan terus bertambah seiring dengan berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan serta pertumbuhan penduduk. Sumber daya manusia yang mengalami peningkatan tiap tahunnya, maka akan berdampak terhadap tingginya kebutuhan energi di Indonesia. Indonesia memiliki cadangan sumber energi yang besar seperti batubara, minyak dan gas bumi yang saat ini terus di eksploitasi. Energi fosil membutuhkan waktu yang sangat panjang atau waktu geologi untuk dapat membentuk kembali batubara atau minyak bumi. Oleh karena itu, perlu adanya tinjauan kembali terhadap sumber energi yang digunakan dengan energi yang dibutuhkan mendatang. Salah satu cara untuk mencukupi kebutuhan energi mendatang di Indonesia selain dengan melakukan impor yaitu dengan memanfaatkan energi baru terbarukan. Salah satu energi baru terbarukan atau yang dikenal dengan istilah EBT yang dapat menunjang peran dan fungsi energi fosil seperti batubara, minyak dan gas bumi yaitu panas bumi atau *geothermal*.

Panas bumi atau *geothermal* merupakan sumberdaya energi baru dan terbarukan yang ramah akan lingkungan. Energi panas ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik. Pembangkit listrik dengan menggunakan energi panas bumi atau dikenal dengan pembangkit listrik tenaga panas bumi atau PLTP memanfaatkan *steam* atau uap panas yang dihasilkan oleh panas bumi. Indonesia sebagai negara yang paling banyak memiliki Gunung api dan berada pada kawasan *Ring of Fire*. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (ESDM) mengidentifikasi potensi cadangan sumber daya panas bumi di Indonesia sebesar 28.617 MW yang merupakan 40% cadangan panas bumi di dunia serta diperkirakan Sumatera Selatan memiliki 10% diantaranya.

Salah satu wilayah kerja penambangan panas bumi (WKP) daerah Sumatera Selatan, yaitu WKP Rantau Dedap dengan potensi sebesar 193 MW. Saat ini WKP Rantau Dedap dikelola oleh PT Supreme Energy Rantau Dedap. PT Supreme Energy Rantau Dedap atau PT SERD akan beroperasi selama 30 tahun dengan

target awal yaitu dimulai pada tahun 2018 untuk tahap konstruksi dan tahap produksi yang akan dilaksanakan pada tahun 2020.

Kegiatan pertambangan baik panas bumi ataupun batubara, sebelum melakukan tahap kegiatan eksploitasi atau produksi, maka terlebih dahulu melakukan kegiatan eksplorasi yang kemudian akan menjadi landasan dalam tahap selanjutnya dalam bentuk studi kelayakan. Kegiatan eksplorasi membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang sangat besar. Eksplorasi bertujuan untuk mendapatkan informasi akan adanya suatu cadangan dengan mempelajari karakteristik dari sumber energi tersebut. Identifikasi adanya potensi panas bumi atau *geothermal* dapat dilakukan dengan pendekatan geofisika, geokimia dan penginderaan jarak jauh.

Teknik indera dapat meliputi area yang luas serta dapat dipergunakan untuk akses area yang sulit seperti hutan yang lebat, rawa dan lain-lain tanpa adanya gangguan lingkungan yang signifikan. Teknik ini sangat mudah dilakukan karena tidak menyentuh langsung objek yang akan diteliti. Landsat 8 merupakan salah satu satelit yang efektif guna mengidentifikasi daerah yang memiliki potensi panas bumi. Sebaran potensi panas bumi dapat dianalisis dari citra satelit ini melalui suhu permukaan tanah atau *land surface temperature* pada pengolahan band *thermals* (Bowo, 2019). *Remote sensing* atau penginderaan jarak jauh dapat memetakan suhu permukaan tanah dan kerapatan vegetasi melalui band pada citra satelit landsat 8 yaitu band empat, band lima, band sepuluh dan band sebelas. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendekatan lebih dekat pada metode indera terhadap gejala-gejala yang tampak dipermukaan yang dapat menunjukkan potensi panas bumi dengan melakukan pemetaan dari hasil citra satelit landsat 8 yang kemudian dianalisis agar dapat mengetahui korelasi antara suhu permukaan dengan kerapatan vegetasi serta menentukan area yang berpotensi menjadi kawasan *geothermal*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis anomali suhu permukaan dari hasil pengolahan citra satelit landsat 8 di wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap?

2. Bagaimana analisis kerapatan vegetasi dari hasil pengolahan citra satelit landsat 8 di wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap?
3. Bagaimana analisis korelasi antara suhu permukaan dan kerapatan vegetasi dengan potensi *geothermal* Rantau Dedap dari hasil pengolahan citra satelit landsat 8?

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus kepada hasil pengolahan citra landsat 8 yang sudah diakuisisi dan diolah dalam bentuk peta suhu permukaan tanah atau *land surface temperature* dan peta kerapatan vegetasi dalam bentuk NDVI serta didukung oleh data geologi dan manifestasi pada wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap.
2. Penelitian ini membahas mengenai analisis anomali suhu dan kerapatan vegetasi pada daerah wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap serta adanya hubungan antara suhu permukaan dengan kerapatan vegetasi dalam mengindikasikan adanya potensi *geothermal* yang dibuktikan dalam bentuk pemetaan dan uji korelasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis anomali suhu permukaan dalam bentuk peta *land surface temperature* dari hasil pengolahan citra satelit landsat 8 di wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap.
2. Menganalisis kerapatan vegetasi dalam bentuk NDVI dari hasil pengolahan citra satelit landsat 8 di wilayah kerja panas bumi Rantau Dedap.
3. Menganalisis korelasi antara suhu permukaan dan kerapatan vegetasi terhadap potensi *geothermal* Rantau Dedap berdasarkan hasil pengolahan citra satelit landsat 8.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Analisis Anomali Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi Berdasarkan Citra Satelit Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Panas Bumi di Wilayah Kerja Panas Bumi Rantau Dedap Provinsi Sumatera Selatan” memiliki manfaat yaitu sebagai pedoman dan memberikan informasi terkait penginderaan jarak jauh menggunakan citra satelit landsat 8 dalam bentuk pemetaan suhu permukaan dan kerapatan vegetasi untuk mengidentifikasi potensi adanya sumber energi panas bumi.

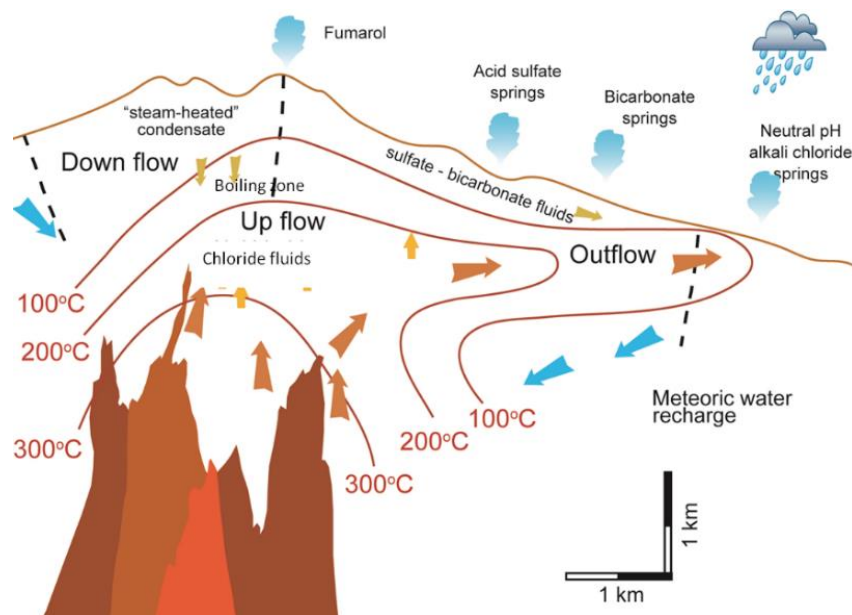
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Panas Bumi

Beberapa kilometer di dalam kerak bumi terdapat energi panas yang terbentuk secara alamiah bumi dalam bentuk air panas atau uap panas yang disebut panas bumi atau *geothermal*. Sistem panas bumi sebagai perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi dimana panas dipindahkan dari sumber panas ke zona pelepasan panas (Hochstein dan Browne, 2000). Gaya pengapungan dapat menggerakkan fluida dimana terdapat perbedaan densitas antara air resapan yang *thermalnya* lebih dingin dan bergerak ke bawah dengan fluida panas bumi yang *thermalnya* lebih panas yang kemudian bergerak muncul ke permukaan bumi.

Energi panas bumi adalah energi panas alami dari dalam bumi, yang dipindahkan ke permukaan bumi melalui proses konduksi dan konveksi. Energi panas alami ini berupa fluida dengan fasa air atau uap, yang terbentuk di reservoir panas bumi akibat pemanasan batuan termal dari magma beku sebagai sumber panas. Energi termal yang dimiliki oleh fluida ini pada dasarnya berasal dari magma di usus bumi, yang memanaskan air di bawah permukaan melalui konduksi, kemudian membentuk sistem konveksi untuk menghasilkan air panas atau uap panas, sehingga menyebarkan panas. Penggunaan energi panas bumi memerlukan lokasi dengan kondisi geologi tertentu yang merupakan bagian dari sistem panas bumi. Komponen tersebut antara lain adanya lapisan penutup (*clay cap*), struktur geologi yang biasanya berupa rekahan, fluida (reservoir) yang terakumulasi permeabel batuan, sumber panas (sumber panas) dan fluida yang berperan dalam perpindahan panas. Reservoir ke permukaan (Gambar 2.1). Semua komponen tersebut harus dalam satu sistem agar sistem panas bumi dapat digunakan secara efektif (Agustomo, 2013).



Gambar 2.1 Sistem Energi *Geothermal* (Goff dan Janik, 2000)

Dibandingkan dengan temperatur reservoir minyak dan gas bumi, temperatur reservoir panas bumi relatif sangat tinggi, bisa mencapai 350°C. Berdasarkan pada besarnya temperatur, sistem panas bumi dibedakan menjadi tiga yaitu sebagai berikut (Hochstein, 1990).

1. Sistem panas bumi suhu rendah, yaitu sistem yang reservoirnya berisi fluida dengan suhu di bawah 125° C.
2. Sistem panas bumi suhu menengah, kisaran suhu fluida yang terdapat di reservoir sistem adalah 125-225° C.
3. Sistem panas bumi suhu tinggi, yaitu sistem dimana suhu fluida di reservoir lebih tinggi dari 225 ° C..

2.2 Komponen Panas Bumi

Sistem panas bumi di Indonesia biasanya merupakan sistem hidrotermal dengan suhu tinggi (> 225 ° C), dan hanya sedikit yang memiliki suhu sedang (150-225 ° C). Sistem panas bumi pada dasarnya adalah jenis hidrotermal, yang dibentuk dengan mentransfer panas dari sumber panas ke lingkungan sekitarnya melalui konduksi panas dan konveksi..

Komponen sistem panas bumi lengkap terdiri dari tiga komponen utama yaitu keberadaan batuan reservoir permeabel, air pembawa panas dan sumber panas

itu sendiri. Komponen-komponen tersebut saling berhubungan membentuk suatu sistem yang dapat mentransfer panas dari bawah permukaan ke permukaan. Sistem bekerja melalui mekanisme konduksi dan konveksi (Hochstein dan Browne, 2000).

Secara garis besar sistem panas bumi dikontrol oleh adanya sumber panas (*heat source*), batuan reservoir, lapisan penutup, keberadaan struktur geologi dan daerah resapan air (Goff dan Janik, 2000).

2.2.1 Sumber Panas

Sumber panas dari sistem hidrotermal biasanya berupa intrusi magma. Namun demikian, masih ada sumber cairan hidrotermal yang tidak berasal dari batuan beku. Panas dapat berasal dari pengangkatan batuan bawah tanah yang panas, atau mungkin berasal dari peredaran airtanah dalam, yang memanaskan airtanah karena adanya lipatan atau retakan. Secara umum perbedaan sumber panas ini akan mempengaruhi perbedaan suhu reservoir panas bumi dan perbedaan sistem panas bumi juga akan berdampak.

2.2.2 Batuan Reservoir

Batuan reservoir adalah batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air. Karena porositas dan permeabilitasnya baik, maka jumlah penambahannya tinggi. Keduanya memiliki pengaruh yang besar terhadap kecepatan sirkulasi fluida. Batuan reservoir juga sangat mempengaruhi komposisi kimiawi fluida hidrotermal. Fluida hidrotermal akan bereaksi dengan batuan reservoir, sehingga mengubah sifat kimiawi fluida tersebut. Batuan vulkanik, sedimen klastik, dan batuan karbonat biasanya menghasilkan fluida hidrotermal dengan sifat kimia yang berbeda (Nicholson, 1993).

2.2.3 Fluida

Terdapat 4 (empat) macam asal fluida dalam suatu sumber energi panas bumi, yaitu sebagai berikut (Nicholson, 1993).

1. Air meteorologi atau air permukaan, yaitu air dari presipitasi atmosfer atau hujan, sirkulasinya dalam beberapa kilometer panjangnya.
2. Formation water atau connate water, yaitu air meteorit yang terperangkap dalam formasi batuan sedimen dalam waktu yang lama. Air formasi berinteraksi kuat dengan batuan, menyebabkan air menjadi lebih asin.

3. Air metamorf diperoleh dengan modifikasi khusus pada air formasi dengan cara rekristalisasi mineral yang mengandung air menjadi sejumlah kecil mineral yang mengandung air selama proses metamorfisme batuan.
4. Air magma membagi cairan magma menjadi dua jenis, yaitu air magma yang bersumber dari magma tetapi telah menjadi bagian dari air meteorit dan air magma yang tidak pernah menjadi bagian meteorit.

2.3 Manifestasi Panas Bumi

Pengamatan yang mudah dilakukan ketika ditemukan sumber panas bumi adalah manifestasi yang muncul di permukaan bumi. Manifestasi yang muncul di permukaan antara lain: fumarol, mata air panas, kolam lumpur dan geyser. Karena rongga-rongga yang mengelilingi batuan di reservoir, manifestasi ini mungkin muncul di tanah, sehingga memungkinkan fluida di batuan di reservoir untuk berpindah ke permukaan. Ada banyak tanda yang bisa menunjukkan sumber daya panas bumi. Penampilan di permukaan juga dapat memberikan informasi tentang jenis sistem panas bumi bawah tanah.

Tidak seperti sistem minyak dan gas, sumber daya panas bumi biasanya ada di bawah permukaan, dan manifestasinya adalah manifestasi permukaan, seperti mata air panas, mata air panas, kolam lumpur, dan geyser. Dipercaya bahwa penampakan permukaan disebabkan oleh penyebaran panas di bawah permukaan atau karena retakan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan (Goff dan Janik, 2000).

2.3.1 Hot Spring

Mata air panas atau *hotspring* adalah mata air panas dengan pH netral (6-7). Mata air panas ini berkaitan dengan keluarnya fluida secara langsung dari reservoir ke permukaan. Kandungan klorida pada mata air panas biasanya tinggi, sehingga sering disebut air klorida. Mata air panas ini bersuhu tinggi ($T > 75^{\circ}\text{C}$), sehingga sering kali dikelilingi uap panas. Mineral silika dan sulfida biasanya mengendap di sekitar mata air panas.

Mata air panas juga menunjukkan adanya sumber panas bumi di bawah permukaan. Pembentukan mata air panas ini merupakan hasil air panas yang mengalir dari bawah permukaan melalui rekahan batuan. Atribut air permukaan

digunakan untuk memperkirakan jenis waduk di bawah permukaan. Mata air panas asam biasanya merupakan ekspresi permukaan dari sistem panas bumi yang didominasi oleh uap. Pada saat yang sama, mata air panas netral biasanya merupakan manifestasi permukaan dari sistem panas bumi berbasis air. Mata air panas netral adalah manifestasi permukaan dari sistem yang didominasi air, biasanya jenuh dan silika. Bila proporsi air panas tidak terlalu besar, biasanya di dekat sumber air panas akan terbentuk lapisan silika. Berbeda dengan daerah perbukitan, mata air panas di sini bersifat netral secara alami, yang merupakan perwujudan dari sistem panas bumi berbasis uap.

2.3.2 Telaga Air Panas

Telaga air panas pada dasarnya juga sama dengan kolam air panas, akan tetapi dikatakan telaga karena lebih luas daerahnya. Istilah telaga umumnya dipakai bila luas permukaan lebih dari 100 m². Telaga air panas sangat jarang terdapat di dua alam karena telaga air panas terjadi karena erupsi hidrotermal yang sangat besar dari aktivitas gunung api. Contohnya adalah danau di Selandia Baru atau Danau Waimangu. Jika konveksi terjadi di danau, suhu biasanya tidak berubah sesuai kedalaman. Mata air panas dapat muncul di area dengan reservoir berbasis uap. Semua telaga air panas yang mempunyai temperatur didasar danau yang mendekati titik didih sangat berbahaya dan merupakan tempat yang sangat memungkinkan untuk terjadinya *hydrothermal eruption* atau erupsi hidrotermal.

2.3.3 Fumarole

Fumarole adalah asap yang keluar dari lubang di dalam kerak bumi yang sering terdapat disekitar gunung berapi. Fumarol terdiri dari uap dan gas, termasuk karbon dioksida, sulfur dioksida, asam klorida, dan hidrogen sulfida. Fumarol ada di sepanjang permukaan retakan kecil, retakan panjang di medan atau kelompok, dan aliran lava padat dan aliran piroklastik. Zona fumarol adalah daerah di mana mata air panas dan gas meletus, kedalaman magma atau batuan beku termal dangkal, atau air panas mendidih sebelum mencapai tanah.

Fumarol melepaskan uap pada kecepatan yang lebih tinggi dan kadang-kadang ditemukan di daerah di mana sistem panas bumi didominasi oleh uap. Uap mungkin mengandung SO yang hanya stabil pada suhu yang sangat tinggi ($T > 500$ ° C). Lubang jet yang mengeluarkan uap dengan kandungan asam borat tinggi biasa

disebut *soffioni*. Hampir semua lubang jet di permukaan sistem panas bumi yang didominasi oleh air mengeluarkan uap panas dan lembab. Suhu uap umumnya tidak melebihi 100 ° C. Lubang semburan udara jenis ini biasa disebut lubang semburan udara basah. Di area yang sistem geothermal nya didominasi oleh uap, Anda akan menemukan wet fumar butter dan dry fumar butter, yaitu fumar butter yang mengeluarkan uap suhu tinggi, sekitar 100-150 ° C. Jenis fumarol ini sangat langka di alam, salah satu contohnya adalah fumarol di Ketai Tahi, Selandia Baru. Kecepatan lubang jet jenis ini biasanya sangat tinggi.

2.3.4 *Geyser*

Geyser adalah air tanah yang tersembur keluar sebagai kolam uap air panas yang terbentuk oleh adanya celah yang terisi air. Makin besar akumulasi air dalam celah maka makin tinggi tekanan air di bawahnya, sehingga saat air di bawah mendidih, terbentuk uap air yang menekan di atasnya. *Geyser* adalah mata air panas yang mengalir ke udara sesekali (tanpa batas), dengan ketinggian air mulai dari kurang dari satu meter hingga beberapa ratus meter.

2.3.5 *Batuan Alterasi*

Perubahan batuan berarti mengubah mineral batuan. Karena perubahan kondisi, mineral lama yang terbentuk menjadi mineral baru. Perubahan ini dapat disebabkan oleh perubahan suhu, tekanan, kondisi kimiawi, atau kombinasinya. Alterasi hidrotermal adalah perubahan mineralogi yang disebabkan oleh pencucian batuan sekitarnya. Alterasi hidrotermal merupakan fenomena umum di berbagai lingkungan geologi termasuk zona sesar dan karakteristik letusan gunung berapi. Salah satu bentuk batuan yang diubah adalah silika sinter.

Silika sinter adalah endapan silika berwarna keperakan, biasanya ditemukan di sekitar mata air panas atau *geyser* yang mengeluarkan air dan bersifat netral. Jika aliran air panas tidak terlalu besar (biasanya di sekitar pemandian air panas), akan terbentuk teras perak. Silika sinter merupakan perwujudan panas bumi pada permukaan sistem panas bumi yang didominasi air.

2.3.6 *Kubangan Lumpur Panas*

Lubang lumpur termal juga merupakan perwujudan keberadaan sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Kolam lumpur panas biasanya mengandung

non-condensable gas (CO) dengan sedikit uap panas. Akibat kondensasi uap panas, lumpur berada dalam keadaan cair, dan ledakannya disebabkan oleh emisi (CO).

2.3.7 Tanah Hangat

Tanah hangat bisa diartikan sebagai tanah yang memiliki temperatur lebih tinggi dibanding dengan area di sekitarnya. Tanah hangat semacam ini dapat terbentuk akibat aktivitas aliran konduksi dari bawah permukaan ke permukaan batuan. Tanah hangat biasanya terjadi di tempat-tempat dengan sumber daya panas bumi, sehingga tanah hangat dapat digunakan sebagai salah satu manifestasi permukaan panas bumi. Area di sekitar tanah hangat biasanya memiliki manifestasi lain yaitu menghilangkan lebih banyak panas, misalnya, di area di mana terdapat tanah hangat atau transpirasi tanah atau area di dekat bak air panas. Kecuali jika besarnya gradien suhu lebih besar dari $25-30\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{km}$, biasanya tidak mengganggu pertumbuhan vegetasi.

2.4 Parameter Penentuan Sumber Panas Bumi

2.4.1 Suhu Permukaan

Temperatur adalah gambaran umum energi dalam suatu benda. Ini karena kapasitas pembuangan panas benda. Suhu biasanya dinyatakan sebagai energi kinetik rata-rata suatu benda, yang dinyatakan dalam derajat suhu. Saat ketinggian berkurang, suhu permukaan bumi menurun seiring dengan meningkatnya garis lintang. Padahal, bumi merupakan sumber panas, sehingga semakin tinggi suhunya maka semakin rendah suhunya (Handoko, 1994).

Suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu di luar benda. Suhu permukaan suatu benda tidak bergantung pada sifat fisik permukaan benda tersebut. Sifat fisik benda adalah emisivitas, kapasitas kalor jenis dan konduktivitas termal. Jika konduktivitas termal benda rendah dan emisivitas serta kapasitas kalor jenis tinggi, maka suhu permukaan benda akan menurun, seperti pada permukaan badan air. Jika konduktivitas termal benda rendah, maka panas jenisnya kapasitas dan konduktivitas termal tinggi, suhu permukaan benda akan menurun. Suhu permukaan akan meningkat (Khusaini, 2008).

Suhu permukaan tanah (LST) adalah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal permukaan, dan media bawah tanah. Suhu permukaan daerah tersebut dapat diidentifikasi dari citra satelit Landsat yang diambil dari pita termal. Temperatur permukaan tanah pada penginderaan jauh dapat didefinisikan sebagai rata-rata permukaan permukaan yang tergambar dalam kisaran piksel dengan berbagai tipe permukaan (Anggoro, 2017).

2.4.2 NDVI (*Normalized Differences Vegetation Index*)

Pada umumnya nilai NDVI yang dihasilkan dari citra landsat 8 berkisar antara -1 hingga 1. Nilai antara 0-0.1 biasanya merupakan karakteristik batuan dan ruang terbuka. Permukaan vegetasi dengan nilai 0.2-0.3 adalah rerumputan dan semak belukar. Sedangkan nilai 0.4-0.8 menunjukkan hutan hujan tropis dengan kerapatan vegetasi yang tinggi. Indeks vegetasi merupakan suatu metode pengukuran kuantitatif yang mengukur biomassa dan kesehatan vegetasi yang menggunakan operasi penjumlahan, pembagian, dan perkalian antara satu saluran dengan saluran lainnya membentuk beberapa saluran spektral untuk memperoleh kelimpahan vegetasi atau nilai kondisi kesehatan untuk diukur. Nilai indeks vegetasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa terdapat derajat kehijauan yang lebih tinggi di kawasan yang diamati, seperti kawasan hutan yang lebat. Di sisi lain, nilai indeks vegetasi yang rendah menunjukkan bahwa lahan yang dipantau memiliki tingkat kehijauan yang rendah, vegetasi yang jarang atau lahan tanpa objek vegetasi (Arhatin, 2007).

Indeks vegetasi adalah nilai yang diperoleh dari kombinasi beberapa pita spektral tertentu dari citra penginderaan jauh (Horning, 2004). Gelombang indeks vegetasi diperoleh dari energi yang dipancarkan vegetasi pada citra penginderaan jauh untuk menunjukkan ukuran dan jumlah kehidupan tumbuhan. Tumbuhan memancarkan dan menyerap gelombang yang unik, sehingga keadaan ini dapat dikaitkan dengan gelombang yang dipancarkan oleh objek yang dipantulkan.

2.5 Korelasi Suhu Permukaan dan Indeks Vegetasi dalam Penentuan Potensi Panas bumi

Salah satu prospek kinerja panas bumi adalah perlakuan suhu permukaan akan menyebabkan kelainan dibandingkan dengan daerah sekitarnya.

Diduga di daerah inilah fluida termal keluar dari reservoir ke permukaan. Perbedaan suhu permukaan akibat aktivitas vulkanik terhadap aktivitas manusia dicapai dengan membandingkan citra suhu permukaan dengan citra NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*). NDVI merupakan citra yang dapat menampilkan nilai tajuk atau indeks vegetasi suatu kawasan. Sementara itu, wilayah potensi sumber daya panas bumi Indonesia biasanya berada di kawasan hutan lindung, hutan lindung dan cagar alam, dan sebagian besar permukaannya tertutup oleh vegetasi.

Pantulan vegetasi biasanya menunjukkan nilai kecerahan yang tinggi pada panjang gelombang inframerah yang dipantulkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian kelainan vegetasi di kawasan panas bumi sebagai indikator sumber daya panas bumi di kawasan tersebut. Indikator permukaan wilayah panas bumi adalah mineral permukaan, alterasi hidrotermal, anomali vegetasi dan suhu. Zona permeabel merupakan target pengeboran penting untuk menemukan sumur produksi. Temperatur permukaan dapat digambarkan dengan kerataan pada citra kerataan yang diperoleh dari hasil analisis citra, yang sangat membantu untuk analisis struktur geologi, namun hal tersebut tidak cukup dalam kegiatan eksplorasi panas bumi, perlu juga diketahui bagian mana yang memiliki yang paling padat Pola umum struktur dan geologi struktur, geologi berkaitan dengan pembentukan sistem panas bumi di suatu wilayah (Wahyudi, 2005).

Nilai yang dihitung dari distribusi temperatur permukaan masih dipengaruhi oleh radiasi energi termal benda bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan nilai emisivitas dengan menggunakan indeks vegetasi (NDVI) untuk menghilangkan pengaruhnya. NDVI merupakan citra yang dapat menampilkan nilai tajuk atau indeks vegetasi suatu kawasan. Semakin tinggi kerapatan vegetasi di suatu wilayah maka semakin tinggi pula nilai emisivitasnya. Kerapatan vegetasi juga sangat bergantung pada nilai suhu permukaan. Vegetasi yang baik biasanya menunjukkan nilai suhu yang lebih rendah. Pada saat yang sama, kawasan bervegetasi buruk seperti kawasan marginal, kawasan pemukiman atau perkotaan memiliki nilai suhu permukaan yang lebih tinggi (Martha et al., 2012).

Karena kerapatan vegetasi yang lebih tinggi, suhu permukaan area dengan indeks hijau yang lebih tinggi biasanya lebih rendah dari lingkungan sekitarnya. (Pietersz dkk., 2018). Namun hal ini tidak selalu berlaku untuk daerah yang

berpotensi panas bumi, karena jika suhu permukaan tanah tinggi, namun peta kerapatan vegetasi ditampilkan dengan warna hijau tua yang berarti indeks hijaunya tinggi maka diduga kuat panasnya bukan disebabkan oleh aktivitas manusia, melainkan aktivitas vulkanik berupa potensi panas bumi (Bowo dkk, 2019).

2.6 Potensi Panas Bumi Rantau Dedap

Berdasarkan hasil eksplorasi, potensi panas bumi pada WKP Rantau Dedap diperkirakan sebesar 250 MW yang berlokasi pada Kabupaten Muara Enim, Lahat dan Pagaralam Provinsi Sumatera Selatan. Cadangan uap panas bumi saat ini mampu untuk pembangkit listrik sebesar 92 MW. Target akan dicapai secara bertahap dengan tahap awal 2 x 46 MW sesuai dengan kemampuan produksi sumur. Sistem panas bumi Rantau Dedap merupakan sistem panas bumi bertipe *high relief*, dominasi air dengan fumarol temperatur tinggi pada elevasi tinggi dan mata air panas pada ketinggian rendah (PT SERD, 2017).

2.7 Penginderaan Jarak jauh

Penginderaan jarak jauh (*Remote Sensing*) adalah ilmu untuk memperoleh, mengolah dan menginterpretasi citra yang telah direkam yang berasal dari interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan suatu obyek. Data penginderaan jauh diperoleh dari satelit, pesawat terbang, balon udara panas atau kendaraan lain. Data ini berasal dari rekaman sensor yang memiliki karakteristik berbeda di setiap ketinggian, dan terakhir menentukan perbedaannya dengan data penginderaan jauh yang diperoleh.

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau pelajari gejala – gejala yang dipelajari (Lillesand dan Kiefer, 2008). Memperoleh informasi dengan mendeteksi dan mengukur berbagai perubahan pada daratan tempat benda tersebut berada. Proses tersebut dilakukan dengan menyentuh atau merekam energi yang dipantulkan atau dipancarkan, mengolah, menganalisis dan menerapkan informasi tersebut. Informasi dapat ditangkap di ketinggian dengan

energi yang dihasilkan dari permukaan bumi, dan informasi dapat diperoleh secara rinci dari resolusi spasial, spektral, dan temporal tanah.

Karakteristik dari obyek dapat ditentukan berdasarkan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut dan terekam oleh sensor. Sistem penginderaan jauh pasif (foto udara dan gambar bintang), yaitu sistem penginderaan jauh dengan energi dari matahari. Panjang gelombang yang digunakan sistem pasif tidak dapat menembus atmosfer yang dilaluinya, sehingga atmosfer dapat menyerap dan menghilangkan energi pantulan benda yang akan diterima oleh sensor.

Kajian eksplorasi panas bumi menggunakan metode remote sensing dilakukan untuk mengidentifikasi kerapatan vegetasi dan temperatur permukaan wilayah panas bumi berdasarkan interpretasi citra satelit dan *airborne*. Citra foto udara dengan spektrum visible, NIR dan infrared gelombang pendek untuk memetakan mineralogi yang teralterasi hidrotermal. Kandungan mineral dan gas-gas seperti SO₂, H₂S, atau CO₂ yang tidak biasa di dalam tanah yang terbentuk akibat sistem panas bumi menyebabkan terjadinya *stress* pada vegetasi di sekitar panas bumi. *Stress* vegetasi tersebut dapat diketahui melalui pemetaan daerah tutupan lahan dengan menggunakan metode NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*). Berbagai kajian telah dilakukan untuk menemukan pola yang diindikasikan memiliki potensi panas bumi dengan menggunakan data Termal Infrared (TIR) dari citra satelit dan *airborne*. Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* melalui citra landsat 8 harus melewati beberapa tahapan penting dalam image *processing* yaitu koreksi radiometrik, kalkulasi *Brightness temperature* dan kalkulasi emissivitas (Richard dan Jia, 2006).

1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan pada data OLI untuk mengubah *Digital Number* (DN) yang terekam oleh sensor ke dalam spectral cahaya. Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengikuti Landsat 8 (*Data Users Handbook*, 2016).

$$L\lambda = M_L * QCal + A_L \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$L\lambda$: spectral cahaya (W/m²sr μ m),

- M_L : Radiance multiplicative scaling factor for the band,
 A_L : Radiance additive scaling factor for the band,
 Q_{cal} : nilai pixel dalam DN.

2. Band *thermal* dikonversi ke dalam *Brightness Temperature*. Sensor *Thermal Infrared* (TIR) pada Landsat 8 memiliki dua band *thermal* yaitu band 10 dan band 11 dengan panjang gelombang λ 10.9-12 μm , namun dalam penentuan LST, band 10 ($\lambda = 10.9 \mu\text{m}$) lebih sesuai digunakan dibandingkan band 11 karena band 11 memiliki ketidakpastian yang besar. Kalkulasi *Brightness Temperature* pada band TIRS melalui Pendekatan Fungsi Radiasi Plank sebagai berikut :

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} - 273 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- BT : Suhu kecerahan dalam celcius ($^{\circ}\text{C}$)
 K_1 dan K_2 : Konstanta pada metadata band 10 dan band 11
 $L\lambda$: spectral cahaya ($\text{W}/\text{m}^2\text{sr}\mu\text{m}$)

3. Kalkulasi NDVI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan korelasi antara parameter fisika dengan suatu sifat fisik tertentu dari tutupan vegetasi (Carlson and Ripley, 1997). Nilai indeks vegetasi dihitung dari spectral reflektansi band merah (Band 4) dan NIR (Band 5) dari data citra landsat 8 OLI. Nilai NDVI diperoleh melalui persamaan berikut :

$$NDVI = \frac{RNIR - RRed}{RNIR + RRed} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- NDVI :Nilai kerapatan vegetasi
 RNIR :Nilai Pixel band 5
 RRed :Nilai Pixel band 4

4. Kalkulasi Proporsi Vegetasi

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Pv : Nilai Proporsi Vegetasi

NDVI_{max} : nilai paling besar dari hasil NDVI

NDVI_{min} : Nilai paling kecil dari hasil NDVI

5. Menghitung Emissivitas (E)

$$E = 0.0004 * Pv + 0.986 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

E : Nilai emissivitas

Pv : Nilai Proporsi vegetasi

6. Perhitungan *Land Surface Temperature* dilakukan menggunakan algoritma persamaan Single Channel (Qin et al, 2015).

$$LST = \frac{BT}{1 + w * \left(\frac{BT}{P} \right) * \ln(E)} \dots\dots\dots (6)$$

$$p = \frac{h * c}{\delta} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

BT : *Brightness Temperature* dalam Celcius (°C)

w : Panjang gelombang dari radiasi yang diemisi

δ : Konstanta Boltzmann $-1,38 * 10^{-23}$ J/K

h : Konstanta Planck $-6,626 * 10^{-34}$ Js

c : Kecepatan cahaya $-2,998 * 10^8$ m/s

p : 14380 mK

LST : Nilai suhu permukaan tanah

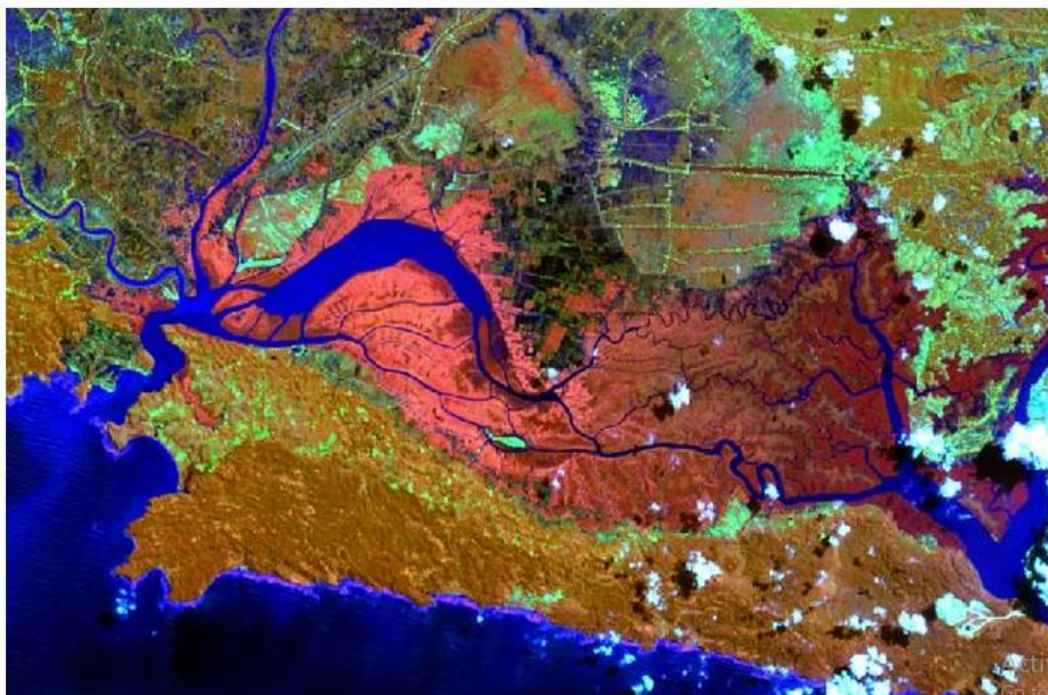
Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang untuk membawa sensor pencitraan OLI (*Operational Land Imager*) dengan satu saluran inframerah dekat dan tujuh saluran tampak reflektif, yang akan dicakup dengan resolusi spasial yang sama dengan resolusi spasial Panjang gelombang yang dipantulkan oleh benda di permukaan bumi. Satelit darat pendahulunya, yaitu 30 meter. Landsat 8 merupakan hasil pengembangan dari satelit landsat sebelumnya yaitu landsat 7. Bentuk gambar

dari satelit landsat 8 terdiri dari beberapa spektral warna pada masing-masing band (Gambar 2.2). Sensor pencitraan OLI memiliki kanal spektral yang mirip dengan sensor Landsat-7 ETM + (*Enhanced Thermal Mapper Plus*), namun sensor pencitraan OLI ini memiliki kanal baru, yaitu: Channel-1: 443 nm dan 443 nm untuk garis pantai aerosol Channel 9: 1375 nm digunakan untuk deteksi awan cirrus, tetapi tidak ada saluran inframerah termal (Tabel 2.1). Kesenambungan saluran inframerah termal, pada tahun 2008 dikembangkan program LDCM (Landsat-8) yaitu sensor citra TIRS atau sensor inframerah termal.

Tabel 2.1 Karakteristik Citra Satelit Landsat 8 (USGS, 2016)

| Band | Panjang Gelombang μm | Resolusi Spasial (m) | Channel |
|-------------|---|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 0.433– 0.453 | 30 | <i>Coastal/Aerosol</i> |
| 2 | 0.450 – 0.515 | 30 | <i>Blue</i> |
| 3 | 0.525 – 0.590 | 30 | <i>Green</i> |
| 4 | 0.630 – 0.680 | 30 | <i>Red</i> |
| 5 | 0.845 – 0.885 | 30 | <i>NIR</i> |
| 6 | 1.560 – 1.660 | 30 | <i>SWIR-1</i> |
| 7 | 2.107 – 2.294 | 30 | <i>SWIR-2</i> |
| 8 | 0.503 – 0.676 | 15 | <i>Pan</i> |
| 9 | 1.363 – 1.384 | 30 | <i>Cirrus</i> |
| 10 | 10.60 – 11.19 | 100 | <i>LWIR-1</i> |
| 11 | 11.5 – 12.51 | 100 | <i>LWIR-2</i> |

Landsat 8 merupakan produk generasi terbaru menggantikan Landsat 7 yang memiliki sensor airborne operasional ground imager (OLI) dan sensor thermal infrared sensor (TIRS), dengan 11 saluran, di mana saluran 1-9 berada di OLI dan saluran 10. Dan 11 menggunakan TIRS. Resolusi spasial data citra satelit Landsat 8 untuk kanal 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan kanal 9 adalah 30 m. Resolusi spasial saluran pankromatik adalah 15 m. Selain resolusi spasial 30 m dan 15 m, resolusi spasial kanal 10 dan 11 sebagai kanal TIR-1 dan TIR-2 adalah 100 m.



Gambar 2.2 Contoh data Landsat 8 (Lapan, 2015)

2.8 Analisis Korelasi Sederhana

Korelasi adalah istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi merupakan suatu metode untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antar variabel, seperti hubungan antara dua variabel. Jika ada hubungan antar variabel maka perubahan satu variabel akan menyebabkan variabel lain berubah. Hasil analisis korelasi dapat menentukan hubungan antar variabel tersebut, apakah ini merupakan hubungan kebetulan atau hubungan yang sebenarnya. Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat berupa korelasi positif, korelasi negatif, korelasi tidak ada dan korelasi lengkap (Iqbal, 2008).

1. Korelasi Positif

Korelasi positif adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel yang satu (X) meningkat atau menurun maka variabel lainnya (Y) cenderung untuk meningkat atau menurun pula.

2. Korelasi Negatif

Korelasi Korelasi negatif adalah korelasi antara dua variabel, yaitu ketika satu variabel (X) naik atau turun, variabel lainnya (Y) cenderung turun atau naik

3. Tidak Ada Korelasi

Tidak ada korelasi Ketika dua variabel (X dan Y) tidak menunjukkan hubungan, tidak akan terjadi korelasi.

4. Korelasi Sempurna

Korelasi lengkap adalah korelasi antara dua variabel, yaitu naik turunnya satu variabel (variabel X) sebanding dengan naik turunnya variabel lain (variabel Y).

Koefisien korelasi atau KK adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan (kuat, lemah atau tidak ada) hubungan antar variabel. Nilai koefisien korelasi antara -1 dan +1 ($-1 \leq KK \leq 1$).

1. Jika KK positif, variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai KK dengan +1 maka semakin kuat korelasinya, begitu pula sebaliknya.
2. Jika KK negatif, maka variabel tersebut berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai KK dengan -1 maka semakin kuat korelasinya, begitu pula sebaliknya.
3. Jika KK nol (0) maka variabel tidak menunjukkan korelasi.
4. Jika KK +1 atau -1, variabel menunjukkan korelasi positif atau negatif lengkap.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui koefisien korelasi yaitu dengan menggunakan metode koefisien korelasi pearson. Koefisien korelasi pearson adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang datanya berbentuk data interval atau rasio yang disimbolkan dengan “r”. Rumus atau formula yang digunakan untuk mengukur koefisien korelasi pearson yaitu sebagai berikut :

$$r = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X.\Sigma Y}{\sqrt{(n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)(n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2)}} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

r : koefisien korelasi

n : Jumlah data

X dan Y : variabel

2.9 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang berjudul “Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak dengan Suhu Permukaan, Indeks Vegetasi dan Geomorfologi” yang ditulis oleh Putri Mariasari Sukendar menggunakan metode *overlay* antara suhu permukaan dengan indeks vegetasi untuk mengetahui korelasi antara kedua variable serta indikasi adanya manifestasi panas bumi. Hasil peningkatan sebaran perwujudan memerlukan analisis bentuk dan penataan kawasan kajian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 dan GDEM Aster.

Hasil penelitian dari perlakuan suhu permukaan dan indeks vegetasi diperoleh hasil unggulan masing-masing yaitu nilai sebaran suhu 4 jenis (24 °C - 29 °C) di kawasan Pami Jahan seluas 385.152.432 hektar. Nilai indeks vegetasi berada pada kategori vegetasi sedang (0,36 - 0,48), dengan luas wilayah 387.467,35 Ha di Kecamatan Kalapa Nunggal. Di kawasan Gunung Salak sebaran potensi panas bumi ditentukan pada kisaran suhu 4 (24 °C -29 °C), dan nilai indeks vegetasi pada kategori non-vegetasi (0,09-0,22) dan vegetasi rendah. (0,23-0,35). Keberadaan tujuh sumur injeksi, kawah gunung berapi, dan kolam termal menunjukkan kinerja yang ditentukan. Berdasarkan hasil pembahasan ditemukan adanya korelasi antara suhu permukaan dan kerapatan vegetasi. Hasil regresi antara indeks vegetasi dan suhu permukaan dapat dinyatakan dengan persamaan $y = -25.203x + 36.996$, dimana R square (R²) adalah 0,529 atau 52,9%. Korelasi yang diperoleh antara suhu permukaan dan indeks vegetasi adalah -0,727 (memiliki hubungan yang kuat), dan nilai korelasinya diberi tanda (-) yang menunjukkan bahwa korelasi berlawanan arah, dan semakin tinggi nilai indeks vegetasi pada titik tertentu, Semakin rendah suhunya.

Selain itu, penelitian berjudul “Penerapan Citra Satelit Landsat 8 Dalam Identifikasi Wilayah Eksplorasi Panas Bumi di Songgoriti Batu dan Sekitarnya” oleh B Harjo Agung dkk menggunakan pemetaan struktur bawah tanah dan permukaan. Hasil yang diperoleh terkait dengan geologi. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 8 yang memiliki pita 4, pita 5, pita 7 dan pita 11. Informasi tentang struktur bawah tanah diperoleh dengan menggabungkan band 4, band 5 dan band 7. Suhu permukaan menggunakan pita 11, yaitu atmosfer dikoreksi terlebih dahulu untuk menghilangkan pengaruh

atmosfer di zona panas. Titik alterasi batuan ditentukan dengan menggabungkan zona 7, zona 4 dan zona 2. Hasil yang diperoleh adalah struktur bawah tanah, temperatur permukaan dan batuan permukaan.

Hasil pembahasan menunjukkan bahwa terdapat dua sesar utama di wilayah studi, yaitu wilayah eksplorasi panas bumi di Batu Songoliti yang ditandai dengan kinerja air panas dengan titik debit tinggi yaitu suhu berbasis panas sekitar 30.084°C . gambar. Daerah penelitian menunjukkan bahwa batuan tersebut telah berubah sesuai dengan peta batuan permukaan. Batuan tersebut ditandai dengan adanya interaksi hidrotermal dengan batuan sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro,W.U, Suprayogi,A., dan Sasmita,B. 2017. *Analisis Variasi Hubungan Variasi Land Surface Temperature dengan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus : Kabupaten Pati)*. Semarang : Jurnal Geodesi UNDIP Vol.6, No.2
- Agustomo I., 2013. *Identifikasi sisitem panas bumi dengan menggunakan metode AMT dan MT di daerah Simisuh, Pasaman, Sumatra Barat*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Arhatin, R. E. 2007. *Pengkajian Algoritma Indeks Vegetasi dan Metode Klasifikasi Mangrove dari Data Satelit Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ : Studi Kasus di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur*. Tesis. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Du C., Ren H., Qin Q., Meng J., Zhao S. 2015. *A Practical Split – Window Algorithm for Estimating Land Surface Temperature from Landsat 8 Data*. *Remote Sensing* 7 (1): 647-665.
- Ellis, J.A., dan Mahon. 1997. *Chemistry and Geothermal System*, Academic Press Inc., New York.
- Eko,B.C, Jannah,N., dan Suprianto, A. 2019. *Analisis Sebaran Potensi dan Manifestasi Panas Bumi Pegunungan Ijen Berdasarkan Suhu Permukaan dan Geomorfologi*. Jember : Jurnal Fisika Universitas Jember Vol 5 No 1
- Goff, F dan Janik, C.J. 2000. *Geothermal System*. Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, San Diego-San Fransisco-New York-Boston-LondonSidney-Toronto.
- Handoko. 1994. *Klimatologi Dasar*. Bogor : Pustaka Jaya
- Hasan, Iqbal. 2011. *Pokok – Pokok Materi Statistika 1 (Statistik Deskriptif)*. Jakarta : PT Bumi Aksara
- B Harjo Agung, Alifiansyah Faizal, Arwin Anggi, Ayi Syaeful Bahri dan Utama Widya. 2017. *Aplikasi Citra Satelit Landsat 8 untuk Indentifikasi Daerah Prospek Panas Bumi Daerah Songgoriti Batu dan Sekitarnya*.Jurnal Geosaintek Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya Vol 03 No 03.
- Hochstein, M. P. 1990. *Classification and Assessment of Geothermal Resources*. In: *Dockson M.H. dan Fanelli M. (eds) Small Geothermal Resources*. UNITAR/UNDP Centre for Small Energy Resources. Rome, Italy

- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. 2000. *Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources. In Encyclopedia of Volcanoes*, H.Sigurdsson, B.F. Houghton, S.R. McNutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press
- Khusaini, Ikhwan Nur. 2008. *Pengaruh Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bogor dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat dan Sistem Informasi Geografis*. Bogor. IPB
- LAPAN. 2015. *Dokumen Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jarak Jauh Landsat 8 untuk Mangrove*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jarak Jauh. Jakarta
- Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation : Sixth Edition*, New York
- Mariasari, P. S, Sasmito, B dan Putra A. W. 2016. *Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak dengan Suhu Permukaan ,Indeks Vegetasi dan Geomorfologi*. Semarang : Jurnal Geodesi UNDIP Vol 5 No 2 (ISSN : 2337-845X)
- Martha, T. KP., Utama, W., Qodirin, M. S., dan Fransiskha, WP. 2012. *Evaluasi Kawasan Potensi Hidrotermal Gunung Kelud Menggunakan Analisa Citra Satelit*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW). Surabaya, Indonesia, ISSN 2301-6752
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluid: chemistry and exploration techniques*. Springer – verleg, berlin Helderberg.
- PT. Supreme Energy Rantau Dedap. 2017. *Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) PLTP Rantau Dedap*. Jakarta
- Pietersz, J.H., Matinahoru, J., dan Loppies, R. 2018. *Pendekatan Indeks Vegetasi Untuk Mengevaluasi Kenyamanan Termal Menggunakan Data Satelit Landsat-Tm Di Kota Ambon*. *Agrologia*. 4 (2).
- Richards, J. A, dan Jia, X. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. edisi ke-4. Springer. Berlin Heidelberg
- USGS. 2016. *Landsat 8 Data Users Handbook*. Departmen of the interior. U.S Geological Survey
- Wahyudi. 2005. *Kajian Potensi Panas Bumi dan Rekomendasi Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Gunung Api Ungaran Jawa Tengah*. Jurnal UGM. Yogyakarta.