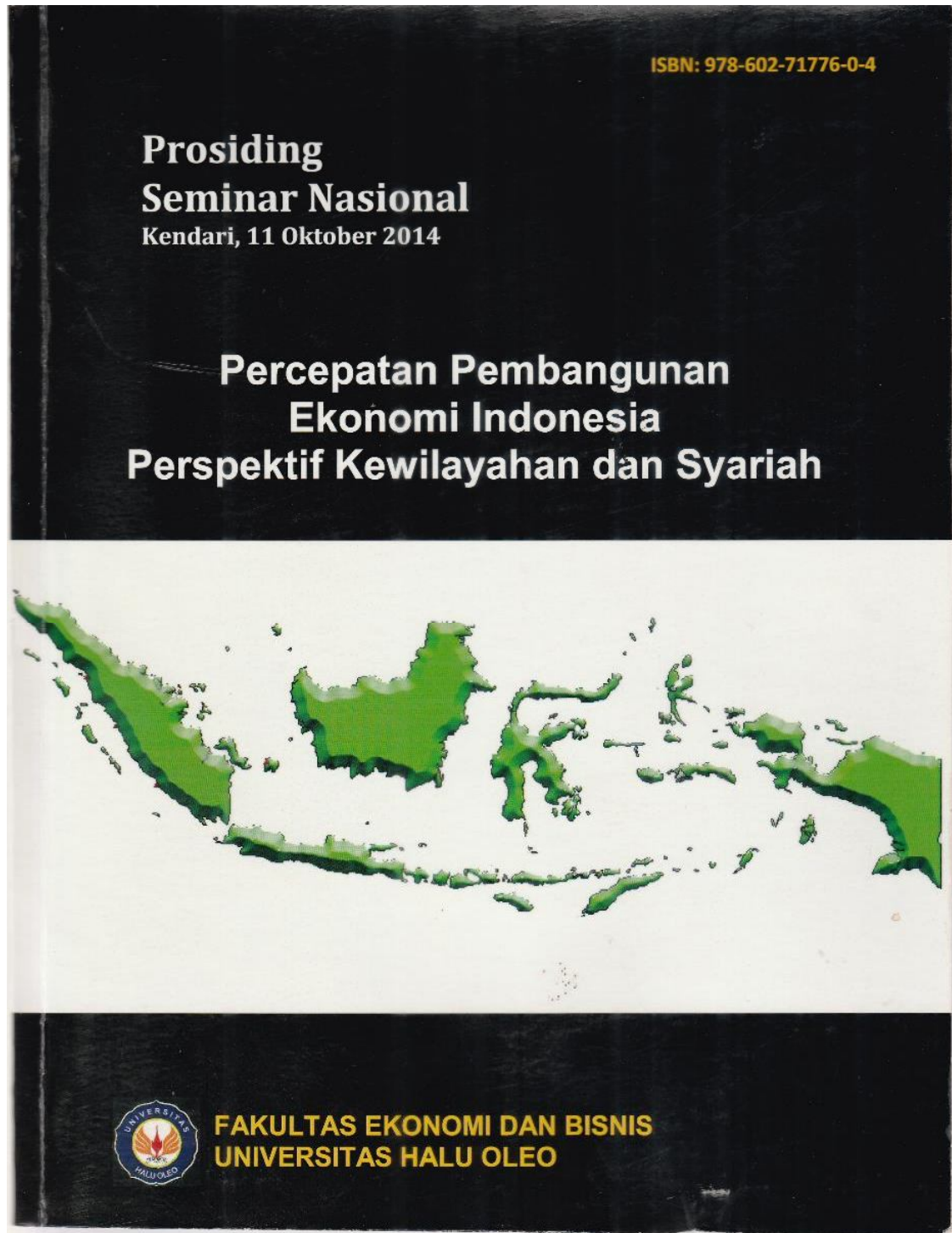


STUDI POTENSI GEOTHERMAL DI KABUPATEN KONawe SELATAN BERDASARKAN DATA CITRA SATELIT LANDSAT ETM+ DALAM MendUKUNG KETAHANAN ENERGI DI SULAWESI TENGGARA

Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014



Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014

Prosiding Seminar Nasional
Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia
Perspektif Kewilayahan dan Syariah
ISBN: 978-602-71776-0-4

Diterbitkan oleh:
Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Tridharma Anduonohu Kendari
Email: feb.uho@gmail.com

Sekretariat Panitia:
Lt. 2 Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Halu Oleo
Jl. HEA Mokodompit Anduonohu Kendari
Email: semnasfeb.uho@gmail.com
Website: www.feb-uho.com

Hak cipta © 2014 ada pada penulis dan hak publikasi ada pada Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Halu Oleo



KOMITE

Penanggung Jawab

Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Halu Oleo

Reviewer Paper

Dr. Aji Dedi Mulawarman, MSA (Universitas Brawijaya)
Dr. Leo Herlambang, SE., MM (Universitas Airlangga)
Dr. Alimuddin, SE.,MM.,Ak (Universitas Hasanuddin)
Dr. Ahmad Jalaludin, Lc.,MA (UIN Maliki Malang)
Dr. Manat Rahim, SE.,M.Si (Universitas Halu Oleo)

Panitia Pelaksana

Dr. Ambo Wonua Nusantara, SE.,M.Si
Dr. Ernawati, SE.,M.Si
Santiaji Mustafa, SE.,MSA.,Ak.,CA
Dr. Rahmat Madjid, SE.,MS
Dr. Noval Nur, SE.,M.Si
Syamsul Anam, SE.,M.Ec.Dev
Sinarwati, SE.,M.Si
Sriwiyati Maharani, SE.,M.Si
Kusmiyati, SE.,M.Si
Sulvariani Tamburaka, SE.,M.Si
Ilham Binavista
Surdianto, SE
Nurmia Alimuddin, SE
Halifah, SE
Ali Maksum, ST
Juwita, SE
Masmidin Metondo, S.Pi

Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014



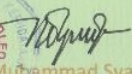
Certificate of Attendance

Diberikan Kepada:

La Ode Muhammad Golok Jaya

sebagai Pemateri pada Seminar Nasional
"Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah"
yang diselenggarakan oleh Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Halu Oleo
pada tanggal 11 Oktober 2014 di Kendari

Kendari, 11 Oktober 2014
DEKAN FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS


Prof. Muhammad Syarif, SE., M.S.
05104241986031004

Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014



UNIVERSITAS HALU OLEO
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
PANITIA PELAKSANA SEMINAR NASIONAL
PERCEPATAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA
PRESPEKTIF KEWILAYAHAN DAN SYARIAH

Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Jl. H.E.A. Mokodompit Telp. (0401) 3008366, Fax (0401) 3190887

02 Oktober 2014

Nomor : 022/PANPELST/10/2014
Lampiran : 1 (satu) berkas
Perihal : Hasil Seleksi Call for Paper

Kepada Yth
Bapak/Ibu La Ode Muh. Golok Jaya dan Andri Suprayogi
di, -
T e m p a t

Dengan hormat,
Terima kasih telah bersedia berpartisipasi dalam kegiatan Seminar Nasional "Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Prespektif Kewilayahan dan Syariah" yang akan diselenggarakan pada Hari Sabtu tanggal 11 Oktober 2014 di **Hotel Zahra Kendari** (yang semula direncanakan di Auditorium Mokodompit UHO)

Berdasarkan hasil penilaian oleh tim reviewer, paper Bapak/Ibu masuk kategori paper yang dipresentasikan dan masuk dalam proceeding.

Oleh karena itu kami mohon Bapak/Ibu untuk melakukan konfirmasi kehadiran yang di *attach* bersama email ini. Selain itu, dimohon untuk mempersiapkan presentase dalam bentuk PPT. Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih.

Ketua Panitia



Dr. AmboWouna N. SE., M.Si
NIP. 196710292000031001

- Tembusan:
1. Dekan FEB UHO (sebagai laporan)
 2. Arsip



UHO BISA
JAGAD KITA

Universitas Halu Oleo Bersih, Indah, Sejuk, Aman
Jujur, Adil, Gotong Royong, Adaptif, Disiplin, Kreatif, Inovatif, Toleran, Amanah

Dampak Pemanfaatan Bioteknologi Mikoriza Indigenous Gulma Terhadap Ekonomi Masyarakat Petani dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Jagung Pada Tanah Ultisol
Halim, Fransiscus S. Rembon dan Resman 310-317

Studi Potensi Geothermal di Kabupaten Konawe Selatan Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat Etm+ Dalam Mendukung Ketahanan Energi di Sulawesi Tenggara
La Ode Muh. Golok Jaya, dan Andri Suprayogi 318-331

Analisis Potensi Perikanan Dan Karakteristik Umkm Berbasis Perikanan di Kabupaten/Kota Provinsi Sulawesi Tenggara
Ishak Awaluddin, Gamsir, dan Sujono 332-338

Desentralisasi Fiskal dan Perubahan Struktur Ekonomi, Studi Perbandingan Kawasan Sulawesi dan Jawa
Muh. Amir Arham 339-366

Peningkatan Nilai Tambah Biji Kakao Untuk Meningkatkan Pendapatan Petani Kakao
Alida Palilati, Salma Saleh, dan Endro Sukotjo 367-383

Keterpaduan Sistem Informasi Hasil Riset dalam Upaya Mendorong Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia
Mansyur Asri 284-389

BAGIAN II PERSFEKTIF SYARIAH

Mekanisme Pembiayaan Bank-Bank Umum Syariah di Kota Kendari
Ambo Wonua Nusantara, Hasan Aedy dan Laode Mirzan Rafzanjani 390-397

Rekonstruksi Model Perjanjian Mudharabah Pada Perbankan Syariah
Muhammad Sjaiful 398-420

Potensi dan Pemahaman Dimensi Zakat Bagi Para Muzakki di Provinsi Sulawesi Tenggara
Samdin 421-428

Peran Lembaga Keuangan Syariah dalam Penguatan Usaha Mikro Kecil Menengah dan Usahatani
Darwanto 429-445

Penerapan Akuntansi Pembiayaan Musyarakah dengan Prinsip *Profit Sharing* Pada Bank Muamalat Cabang Kendari
Nur Asni 446-455

Zakat, Instrumen Peningkatan Ekonomi Masyarakat
Wa Ode Zusnita Muizu dan Nury Effendi 456-470

Spektrum Pembangunan Ekonomi Berbasis Syariah di Sulawesi Tenggara
Wahyudin Maguni 471-485

Studi Tipologi Kemiskinan dan Pemberdayaan Syariah Mustahik Fakir Miskin di Kota Kendari
Hasan Aedy 486-506

STUDI POTENSI GEOTHERMAL DI KABUPATEN KONAWE SELATAN BERDASARKAN DATA CITRA SATELIT LANDSAT ETM+ DALAM MENDUKUNG KETAHANAN ENERGI DI SULAWESI TENGGARA

La Ode Muh. Golok Jaya^a, Andri Suprayogi^b

^aGeoinformation Science and Technology Research Group, Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Haluoleo, Jl. HEA Mokodompit No. 8 Kampus Hijau Unhalu
Bumi Tridharma Anduonohu Kendari-Sulawesi Tenggara 93232, email :
laode251@yahoo.com

^bKelompok Riset Inderaja dan Sains Informasi Geografis, Program Studi Teknik Geodesi,
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro-Semarang, email : andreebdg@gmail.com

Ringkasan

Geothermal sebagai sumber energi terbarukan mulai memegang peranan penting di Indonesia, selain potensi energi terbarukan lainnya seperti energi air, angin, surya, pasang surut dan sebagainya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM), potensi energi panas bumi (geothermal) di Indonesia mencakup 40 % dari total potensi geothermal dunia. Hal ini disebabkan letak Indonesia yang berada pada *ring of fire* (jalur gunung api) mulai dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, Maluku hingga Sulawesi.

Berdasarkan penelitian Kementerian ESDM pula, wilayah Sulawesi Tenggara diidentifikasi memiliki 13 lokasi potensial panas bumi yang terletak di beberapa kabupaten seperti Konawe Selatan (Kecamatan Lainea), Kabupaten Kolaka (Kecamatan Mangolo) dan Konawe Utara (Kecamatan Lasolo). Penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi geothermal di Kabupaten Konawe Selatan berdasarkan data citra satelit penginderaan jauh Landsat *Enhanced Thematic Mapper* (ETM). Penelitian ini secara jangka panjang bertujuan untuk menyusun basis data potensi geothermal yang ada di wilayah Sulawesi Tenggara berdasarkan karakteristik spasial spektral kawasan. Basis data dimaksud adalah basis data spasial terkait posisi geografis, kondisi topografis, kondisi lingkungan, potensi geothermal secara 3 dimensi dan beberapa data spasial lainnya yang digunakan untuk memetakan secara rinci potensi geothermal melalui pendekatan geokimia, geomagnetik, gaya berat dan sebagainya.

Metode yang digunakan adalah ekstraksi kanal Infra Merah Termal (Thermal Infra Red) citra Landsat ETM+. Hasil penelitian menunjukkan suhu permukaan di kawasan geothermal Lainea berkisar 17-25°C, dengan luas kawasan potensial mencapai 10 kilometer persegi.

Kata Kunci : Geothermal, Land Surface Temperature, Landsat ETM+, Thermal Infra Red

Abstract

Geothermal as a renewable energy source began to play an important role in Indonesia, in addition to other renewable energy potential energy as water, wind, solar, tidal and so on. Based on research conducted by the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM), the potential for geothermal energy (geothermal) in Indonesia account for 40% of the world's total geothermal potential. This is due to the location of Indonesia which is located on the ring of fire (volcanic line) from the island of Sumatra, Java, Bali and Nusa Tenggara, Sulawesi and Maluku.

It had been identified 13 potential geothermal locations in Southeast Sulawesi where located in some districts such as South Konawe (District of Lainea), Kolaka (Mangolo sub-district) and North Konawe (District of Lasolo).

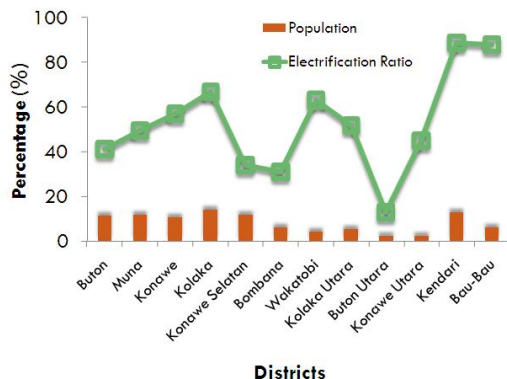
This study aims to map the geothermal potential in South Konawe based on satellite remote sensing image data Enhanced Landsat Thematic Mapper (ETM). This study aimed to develop a long-term database of existing geothermal potential in Southeast Sulawesi region based spatial characteristics. The database in question is related to a spatial database of geographical position, topographic conditions, environmental conditions, the 3-dimensional geothermal potential and some other spatial data that is used to map in detail the geothermal potential through geochemical approach, geomagnetic, gravity and so on.

The method used in this study was Land Surface Temperature data analysis to extract the thermal infrared (thermal infrared) band with a single-band algorithm of Landsat ETM satellite imagery. The results of this study indicate that the surface temperature geothermal areas in South Konawe ranging from 17 to 25°C with geothermal manifestations such as hot springs (hot springs) are scattered in several places. The potential size of the region reached 10 square kilometers.

Key Words : Geothermal, Land Surface Temperature, Landsat ETM+, Thermal Infra Red

I. Pendahuluan

Tenaga listrik menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan sekaligus menjadi penggerak bagi pembangunan nasional di berbagai sektor perekonomian. Akses masyarakat pada layanan listrik perlu terus ditingkatkan seiring dengan terus meningkatnya kebutuhan tenaga listrik. Untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat tersebut diperlukan penambahan pasokan tenaga listrik yang besar dan perlu terus ditingkatkan untuk jangka panjang. Kondisi pasokan tenaga listrik secara nasional saat ini masih banyak mengalami kendala, baik kendala operasional maupun kendala kebijakan. Untuk itu pemerintah terus mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan agar ketersediaan energy listrik dapat dipenuhi untuk mendukung pembangunan nasional.



Gambar 1. Rasio elektrifikasi di Sulawesi Tenggara¹⁹

Pemerintah dengan segala upaya yang telah dilakukan selama ini, berharap agar potensi energi baru dan terbarukan, seperti energi panas bumi (geothermal) dapat dimanfaatkan secara optimal oleh semua pihak untuk memenuhi kebutuhan pembangkit listrik di Indonesia. Berdasarkan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan

Energi Nasional, pemerintah menargetkan pemanfaatan energi listrik dari panas bumi bisa mencapai 9.500 megawatt (MW) di tahun 2025 atau 5% dari konsumsi energi nasional Indonesia [www.pln.co.id, 2011].

Sulawesi Tenggara merupakan kawasan yang berada tidak jauh dari jalur *Ring of Fire* di Pulau Sulawesi. Sulawesi Tenggara juga terletak pada kelanjutan jalur patahan (sesar) Palu-Koro yang membentang dari Sulawesi Tengah-Sulawesi Tenggara-Laut Banda. Dengan kondisi yang demikian strategis, maka kemungkinan terdapatnya sumberdaya mineral dan energi di kawasan Sulawesi Tenggara menjadi sangat besar. Potensi sumberdaya mineral telah terbukti dengan adanya sebaran mineral nikel dan emas yang telah dieksploitasi secara masiv. Potensi lainnya yang perlu diselidiki adalah potensi energi panas bumi yang menyertai setiap patahan tektonik sebagaimana halnya di Pulau Jawa.

Energi panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan karena fluida panas bumi setelah energi panas diubah menjadi energi listrik, fluida dikembalikan ke bawah permukaan (reservoir) melalui sumur injeksi. Penginjeksian air kedalam reservoir merupakan suatu keharusan untuk menjaga keseimbangan masa sehingga memperlambat penurunan tekanan reservoir dan mencegah terjadinya subsidence. Penginjeksian kembali fluida panas bumi setelah fluida tersebut dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, serta adanya *recharge* (rembesan) air permukaan, menjadikan energi panas bumi sebagai energi yang berkelanjutan (*sustainable energy*).

Dari 252 lokasi panas bumi yang ada, hanya 31% yang telah disurvei secara rinci dan didapatkan potensi cadangan. Di sebagian besar lokasi terutama yang berada di daerah terpencil masih dalam status survey pendahuluan sehingga belum didapatkan potensi sumber dayanya secara tepat [Wahyuningsih, 2005]. Pengembangan sumber daya panas bumi yang ada, selain sebagian besar masih bertumpu di wilayah barat Indonesia, semuanya masih terjadi di daerah-daerah berlingkungan vulkanik [Suhantono dan Bakrun, 2003].

Terkait dengan hal tersebut maka penelitian potensi kawasan panas bumi khususnya di Sulawesi Tenggara dimana merupakan kawasan non vulkanik merupakan hal yang penting dan mendesak. Kebutuhan energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar soil yang semakin menipis sangat diperlukan. Dengan adanya basis data spasial potensi panas bumi maka pengambilan keputusan pengembangan energi baru dan terbarukan (panas bumi) dapat dilakukan dengan baik, efektif dan tepat sasaran baik untuk pemanfaatan secara langsung (energi listrik) maupun pemanfaatan tak langsung (agrobisnis, pariwisata dll).

Hasil inventarisasi oleh Badan Geologi mencatat ada 299 lokasi panas bumi di Indonesia dengan 110 lokasi di antaranya merupakan tipe non-vulkanik. Dari 110 lokasi lapangan panas bumi tipe non-vulkanik tersebut, dua lokasi telah memiliki data eksplorasi lanjut, sampai tahapan pengeboran landaian suhu, yaitu daerah Bora, Sulawesi Tengah dan Lainea, Sulawesi Tenggara.

Lingkungan geologi di daerah Sulawesi dicirikan oleh batuan malihan sebagai batuan dasar. Pergerakan lempeng Australia ke arah barat yang bertumbukan dengan lempeng Asia bagian timur dan lempeng Pasifik menghasilkan pergerakan tektonik yang berarah relatif Barat Laut-Tenggara. Aktivitas tektonik ini mengakibatkan terjadinya cekungan baru yang terisi oleh endapan batuan sedimen terutama sedimen karbonat pada zaman Tersier.

Pola struktur geologi yang berkembang di daratan Sulawesi bagian tengah didominasi oleh pola yang sama dengan Sesar Palu-Koro yang berarah barat laut-tenggara. Pola struktur ini diakibatkan oleh pergerakan kepingan benua Banggai-Sula ke arah barat. Struktur-struktur besar lainnya berhubungan dengan sistem sesar Palu-Koro, yaitu berjenis sesar mendatar mengiri di antaranya adalah sesar Kolaka, sesar Matano, dan sesar Kolono.

Daerah Panas Bumi Lainea berada di Kecamatan Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, berjarak lebih kurang 60 km dari ibu kota Provinsi Sulawesi Tenggara, Kendari. Gejala panas bumi di lokasi tersebut diperlihatkan oleh sejumlah manifestasi panas bumi berupa mata air panas dengan temperatur mencapai 80 °C di Sungai Lainea, tanah panas serta zona alterasi mineral lempung yang termasuk dalam zona argilik dengan penyebaran yang cukup luas di sekitar Sungai Landai.

Secara geologi, Daerah Lainea terletak pada lingkungan metamorf mandala Buton-Tukang Besi. Batuan tertua yang terbentuk di daerah ini adalah satuan metamorf yang berumur Trias. Litologi daerah Panas Bumi Lainea tersusun oleh batuan metamorf yang berumur pra-Tersier dan batuan sedimen Tersier dan dikelompokkan menjadi 7 satuan batuan, yaitu satuan batuan metamorf, satuan meta-batugamping, satuan meta-batupasir, satuan batupasir non-karbonatan, satuan batupasir gampingan, satuan konglomerat, dan endapan alluvium. Selain itu terdapat juga batuan ubahan hasil ubahan hidrotermal yang didominasi oleh ubahan bersifat argilik yang dicirikan oleh mineral lempung atau argilik. Struktur utama yang berkembang di daerah sistem panas bumi Lainea adalah sesar normal Boro-boro yang berarah barat laut-tenggara, sesar mendatar Kaindi, Landai, Amowolo, Lainea dan sesar Rumbalaka [Risdianto et al, 2011].



Gambar 2. Salah satu *hotspring* sebagai manifestasi adanya potensi geothermal di Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan (sumber :

<http://goostinous.wordpress.com/2010/05/04/potential-geothermal-in-southeast-sulawesi/>]

Secara geofisik, hasil pemetaan anomali sisa dari data gaya berat yang dilakukan oleh Risdianto et al, 2011 memperlihatkan daerah yang menarik berada di sekitar sebaran mata air panas, baik mata air panas lainea, mata air panas Landai, maupun mata air panas Kaindi. Hal ini ditunjukkan dengan terlihatnya sebaran anomali tinggi di sekitar daerah tersebut, dimana anomali tinggi ini diinterpretasikan sebagai respon dari batuan yang cukup segar dan memiliki densitas tinggi. Batuan ini diperkirakan merupakan kubah intrusi yang tidak muncul ke permukaan dan dapat menjadi sumber panas bagi sistem panas bumi di daerah ini. Sedangkan dari metode geomagnet menunjukkan distribusi nilai kemagnetan yang rendah berasosiasi dengan keberadaan manifestasi panas bumi berupa batuan ubahan dan tanah panas, sehingga zone anomali bersifat lokal saja di sekitar manifestasi panas bumi¹⁸.

II. Metodologi

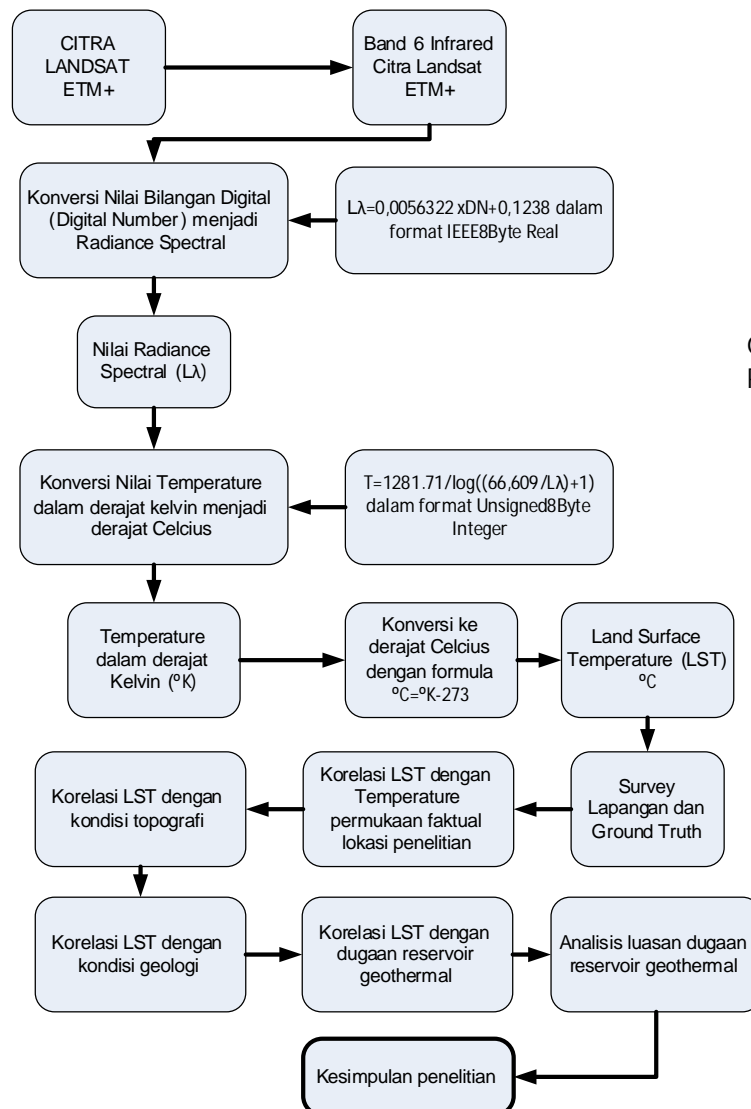
Lokasi studi berada dalam wilayah administrasi Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis lokasi studi berada pada koordinat 04° 15' 01" - 04° 25' 50" LS dan 122° 28' 41" - 122° 43' 34" BT. Berikut ini adalah peta lokasi penelitian.

Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014



Gambar 3. Lokasi penelitian di Kecamatan Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara

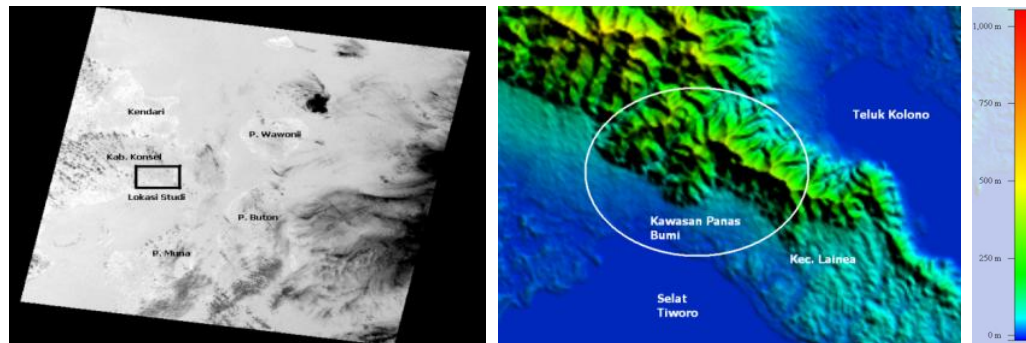
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah GPS handheld Oregon 550 dan citra Landsat ETM+ tahun perekaman 2001 wilayah Konawe Selatan yang memiliki band *Thermal Infra Red* (band 6). Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat dalam bagan berikut.



Gambar 4. Tahapan Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

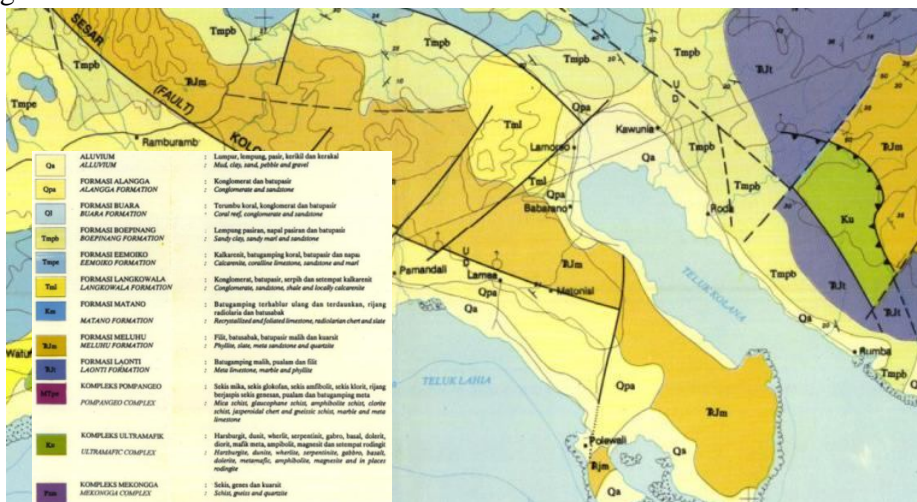
Daerah panas bumi Lainea secara administrasi berada di Kecamatan Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Daerah panas bumi ini berada di lengan bagian tenggara Pulau Sulawesi dan berasosiasi dengan Sesar Boro-Boro yang terbentuk akibat adanya tumbukan antara lempeng Asia bagian timur/Sulawesi bagian barat dan lempeng Pasifik.



Gambar 5. Citra Inframerah (Thermal Infrared) Landsat ETM resolusi 60 meter (kiri) dan Karakteristik topografi kawasan geothermal berdasarkan data SRTM (kanan)

Secara topografis, kawasan panas bumi Lainea ini berada pada ketinggian 50-300 meter di atas permukaan laut. Sedangkan lokasi sumber air panas ditemukan berada pada ketinggian 70-150 meter di atas permukaan laut dengan kelerengn mencapai 5-15%.

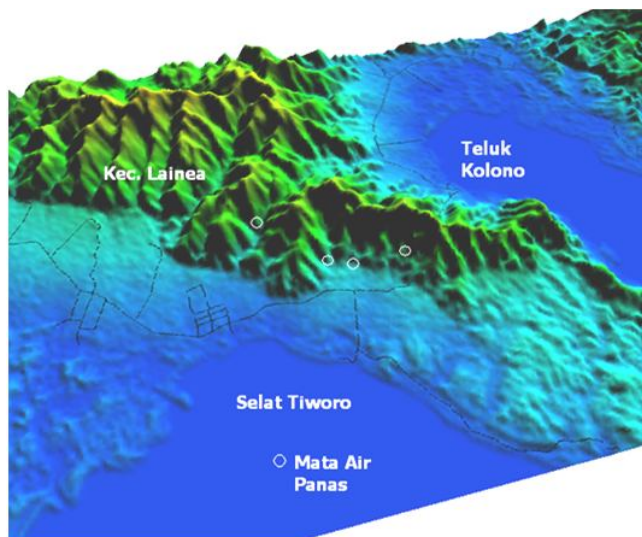
Karakteristik geologi kawasan geothermal Lainea dapat dianalisis melalui peta geologi.



Gambar 6. Peta Geologi kawasan geothermal⁵

Secara regional Daerah Lainea terletak pada lingkungan metamorf mandala Buton-Tukang Besi. Batuan tertua yang terbentuk di daerah ini adalah satuan metamorf yang berumur Trias. Litologi daerah Panas Bumi Lainea tersusun oleh batuan metamorf yang berumur pra-Tersier dan batuan sedimen Tersier dan dikelompokkan menjadi 7 satuan batuan, yaitu satuan batuan metamorf, satuan meta-batugamping, satuan meta-batupasir, satuan batupasir non-karbonatan, satuan batupasir gampingan, satuan konglomerat, dan endapan alluvium¹⁸.

Selain itu terdapat juga batuan ubahan hasil ubahan hidrotermal yang didominasi oleh ubahan bersifat argilik yang dicirikan oleh mineral lempung atau argilik. Pergerakan lempeng Australia ke arah utara menyebabkan terjadinya tumbukan dengan lempeng Asia bagian timur/Sulawesi bagian barat dan lempeng Pasifik dan menghasilkan pergerakan tektonik yang berarah relatif barat-laut–tenggara yang dikenali sebagai Sesar Boroboro dan selaras dengan satuan metamorf. Periode tektonik selanjutnya terjadi pada zaman Tersier yang menghasilkan sesar- sesar yang berarah baratdaya–timurlaut dan diduga mengkontruksi sistem panas bumi di daerah ini dengan mengontrol munculnya manifestasi panas bumi yang ada di permukaan. Secara umum, struktur utama yang berkembang di daerah ini dan mengontrol sistem panas bumi Lainea adalah Sesar Boroboro (normal) yang berarah baratlaut-tenggara, Sesar Kaendi, Landai, Amowolo, Lainea dan Sesar Rumbalaka (mendatar)¹⁸.



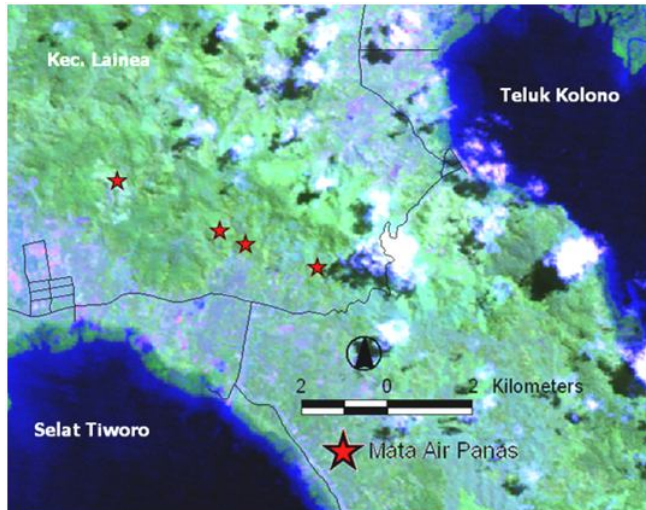
Gambar 7. Kondisi geomorfologi kawasan geothermal berdasarkan data SRTM

Berdasarkan analisis data SRTM, terlihat adanya komposisi geomorfologi kawasan berupa punggung bukit yang memiliki sesar dan lipatan. Hal ini didukung oleh adanya struktur geologi yang dapat dijumpai pada lokasi di sekitar kawasan geothermal Lainea adalah sesar, lipatan dan kekar.

Pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh untuk pemetaan kawasan geothermal telah banyak membantu dalam menganalisis karakteristik kawasan. Metode penginderaan jauh dan pengolahan citra satelit merupakan metode yang cukup reliable, cepat dan efektif digunakan dalam berbagai aplikasi. Penelitian Lashin dan Al-Arifi, 2012 mengungkapkan kecepatan pemrosesan data untuk memperoleh karakteristik kawasan potensi geothermal menggunakan data citra satelit penginderaan jauh⁶.

Penelitian dengan memanfaatkan data penginderaan jauh untuk menyelidiki karakteristik potensi dan monitoring kawasan geothermal telah dilakukan oleh banyak peneliti di seluruh dunia, misalnya oleh Savage (2009) menggunakan citra satelit Landsat untuk memetakan aliran panas pada kawasan geothermal⁷. Juga penggunaan citra satelit SPOT oleh Kervyn *et al.* (2007) yang memiliki resolusi spasial lebih baik dari Landsat untuk pemetaan karakteristik geologi yang khas⁸. Demikian pula Calvin *et al.* (2002), Eneva *et al.* (2006) dan Kratt *et al.* (2009) menggunakan citra satelit hiperspektral ASTER dengan memanfaatkan gelombang thermal infrared (infra merah panas) pada satelit tersebut^{9,10,11}. Penelitian-penelitian menggunakan citra penginderaan jauh tersebut dapat mengungkap

karakteristik kawasan geothermal baik untuk pemantauan maupun untuk pengembangan sumberdaya panas bumi di kemudian hari.



Gambar 8. Citra satelit Landsat ETM kawasan geothermal resolusi spasial 30 meter.

Citra yang digunakan untuk analisis spectral adalah citra Thermal Infrared (TIR) Landsat ETM+ (band 6.1) dengan resolusi spasial 60 meter. Untuk memudahkan analisis, Citra Landsat ETM+ juga dibuat dalam natural colour composit RGB543.

Land Surface Temperature (LST) merupakan parameter sangat penting dalam mengontrol perubahan radiasi gelombang panjang dan fluks panas antara permukaan bumi dan atmosfer [Copertino, et al., 2012]¹³. Data satelit penginderaan jauh seperti Landsat TM maupun ETM telah digunakan oleh beberapa peneliti di dunia untuk memetakan potensi geothermal melalui metode *single-channel algorithm* [Peng, et al, 2013 dan Zhen, et al, 2012]^{14,15}.

Keberadaan panas bumi di suatu tempat dapat diidentifikasi melalui keberadaan beberapa obyek seperti sumber air panas (hot springs), lapisan tanah yang panas (ground warm), adanya gas yang keluar dari bawah permukaan tanah, lumpur panas (hot mud) dan sebagainya [Bujung et al., 2010]¹⁶. Kondisi panas di permukaan bumi tersebut kemudian direkam oleh sensor yang berada pada satelit penginderaan jauh.

Citra satelit penginderaan jauh yang memiliki spektrum thermal infra red menyimpan informasi mengenai suhu permukaan bumi dalam bentuk bilangan digital (Digital Number) dengan nilai berkisar antara 0-255 (8 bit). Nilai DN tersebut mula-mula dikonversi nilai Radians dengan memperhitungkan nilai bias dan *gain* dari band tunggal citra satelit yang digunakan. Kemudian, dengan memperhitungkan pula koreksi atmosfer citra satelit maka kita harapkan nilai radians yang diperoleh dapat lebih teliti. Langkah terakhir adalah konversi nilai DN ke dalam nilai derajat Kelvin atau Celcius untuk melihat sebaran suhu permukaan (LST).

Algoritma untuk menentukan nilai LST :

1. Konversi bilangan digital citra satelit (Digital Number/DN) menjadi Spectral Radiance (RADIANCE), dengan persamaan :

$$RADIANCE = \frac{LMax\lambda - LMin\lambda}{QCalMax - QCalMin} * QCal - QCalMin + LMin\lambda$$

dimana :

- QCal = Bilangan Digital (Digital Number)
LMin λ = Skala Spectral Radiance untuk QCalMin
LMax λ = Skala Spectral Radiance untuk QCalMax

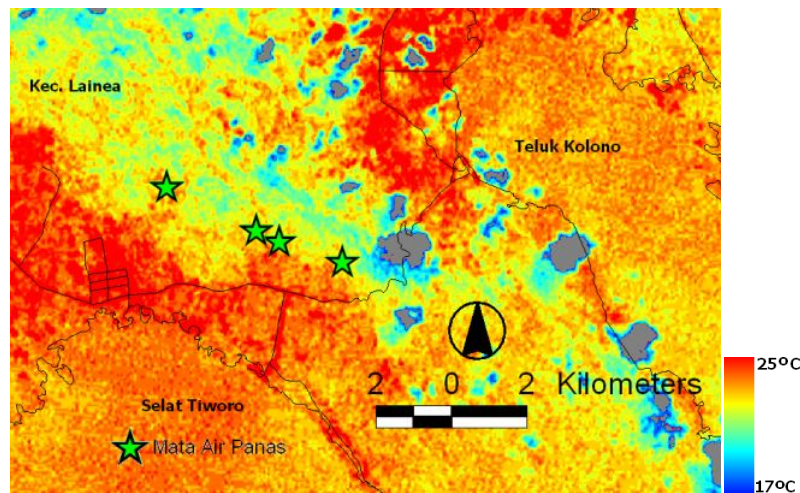
QCalMin = Nilai Minimum Pikel terkalibrasi (=1)
QCalMax = Nilai Maksimum Pikel terkalibrasi (=255)

2. Konversi Spectral Radiance (L) menjadi Temperatur (dalam Kelvin), dengan persamaan :

$$T = \frac{K_2}{\ln \left[\frac{K_1 * \varepsilon}{RADIANCE} + 1 \right]}$$

Dimana :

T = Temperatur Efektif Satelit dalam Kelvin
K₂ = Konstanta Kalibrasi 2 (Untuk Landsat ETM+ bernilai 1282,71)
K₁ = Konstanta Kalibrasi 1 (Untuk Landsat ETM+ bernilai 666,09)
ε = Emisivitas (bernilai 0,95)



Gambar 9. Hasil perhitungan *Land Surface Temperature* daerah penelitian.

Berdasarkan algoritma LST yang telah diuraikan sebelumnya, diperoleh nilai suhu permukaan kawasan geothermal Lainea dan sekitarnya adalah berkisar antara 17°C hingga 25°C. Di kawasan tersebut terdapat empat manifestasi geothermal yakni sumber air panas, yakni :

1. Lokasi yang berada di Sungai Lainea, Desa Lainea pada ketinggian antara 70-80 meter di atas permukaan laut (dpl), dengan manifestasi geothermal berupa mata air panas dan batuan ubahan
2. Lokasi yang berada di Sungai Landai, Desa Kaindi pada ketinggian antara 120-125 meter di atas permukaan laut (dpl), dengan manifestasi geothermal berupa mata air panas dan batuan ubahan
3. Lokasi yang berada di Sungai Mowolo, Desa Kaindi pada ketinggian antara 80-90 meter di atas permukaan laut (dpl), dengan manifestasi geothermal berupa mata air panas, lapisan karbonat dan batuan ubahan
4. Lokasi yang berada di Sungai Kaindi, Desa Pamandati pada ketinggian antara 110-120 meter di atas permukaan laut (dpl), dengan manifestasi geothermal berupa mata air panas dan batuan ubahan

IV. Kesimpulan dan Rekomendasi

Penelitian ini memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik topografi kawasan panas bumi Lainea dicirikan pada lokasinya yang berada pada ketinggian antara 100-300 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan mencapai 5-15%. Luas wilayah kawasan panas bumi mencapai 10 kilometer persegi.
2. Berdasarkan analisis LST diperoleh suhu kawasan geothermal berkisar antara 17°C hingga 25°C, dengan lokasi yang tersebar di empat lokasi, yakni Sungai Lainea, Desa Lainea, Sungai Landai, Desa Kaindi, Sungai Mowolo, Desa Kaindi dan Sungai Kaindi, Desa Pamandati. Pada keempat tersebut terdapat manifestasi geothermal berupa sumber air panas (*hot spring*).

Adapun rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini perlu diperluas pada aspek geokimia dan geofisik untuk lebih memperkaya data spasial kawasan potensial geothermal misalnya mengenai keberadaan mineral tertentu di kawasan tersebut.
2. Mengingat kawasannya yang relatif cukup luas yakni mencapai lebih dari 10 kilometer persegi, maka perlu kiranya penelitian yang intensif untuk mengungkap potensi sesungguhnya dari kawasan panas bumi Lainea. Tidak menutup kemungkinan bahwa sumber panas bumi yang ada saat ini hanya merupakan bagian kecil dari potensi panas bumi yang cukup besar di kawasan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugraha, S.I., Harmoko, U., Indriana, R.D, (2008), **Penelitian Temperatur Permukaan dan Emisi Gas Karbondioksida (CO₂) untuk Mengkaji Kebolehdjian adanya Panas Bumi di Sisi Lereng Utara Gunung Merbabu Jawa Tengah**, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Kasbani, 2010, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, <http://www.esdm.go.id/berita/artikel/56-artikel/4002-penataan-kebijakan-pengelolaan-dan-pengembangan-potensi-panas-bumi.html>
- [3] Wahyuningsih, Rini, 2005, **Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi di Indonesia**, Kolokium Hasil Lapangan, Subdit Panas Bumi, Kementerian ESDM
- [4] Suhanto, Edi dan Bakrun, 2003, **Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Non Vulkanik di Sulawesi: Pulu, Mamasa, Parara dan Mangolo**, Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Subdit panas Bumi, Kementerian ESDM
- [5] Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E., Simandjuntak, T.O., 1993, **Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- [6] Lashin, A., Al-Arifi, N., 2012, **The geothermal potential of Jizan area, Southwestern parts of Saudi Arabia**, International Journal of the Physical Sciences Vol. 7(4), pp. 664 - 675, <http://www.academicjournals.org/IJPS>, ISSN 1992 – 1950
- [7] Savage, Shannon, 2009, **Evaluating the Use of LANDSAT Imagery for Monitoring Geothermal Heat Flow in Yellowstone National Park**, Final Report, Land Resources and Environmental Sciences, Montana State University, USA

- [8] Kervyn, M., Kervyn, F., Goossens, R., Rowland, S.K., Ernst, G.G.J., 2007, **Mapping Volcanic Terrain using High-Resolution and 3D Satellite Remote Sensing**, Geological Society, London, Special Publications 2007; v. 283; p. 5-30
- [9] Calvin, W., Coolbaugh, M., Vaughan, R.G., 2002, **Geothermal Site Characterization using Multi and Hyperspectral Imagery**, Great Basin Center for Geothermal Energy, University of Nevada, GRC Transactions, USA
- [10] Eneva, M., Coolbaugh, M., Combs, J., 2006, **Application of Satellite Thermal Infrared Imagery to Geothermal Exploration in East Central California**, GRC Transactions, Vol. 30.
- [11] Kratt, C., Coolbaugh, M., Peppin, B., Slade, C., 2009, **Identification of New Blind Geothermal System With Hyperspectral Remote Sensing and shallow Temperature Measurements at Columbus Salt Marsh, Esmeralda County, Nevada**, GRC Transactions Vol. 33.
- [12] Direktorat Geologi Departemen ESDM, **Peta Sumber-Sumber Gempa Bumi**, Museum Geologi Bandung, 2009
- [13] Copertino, V.A., Pierro, M.D., Scavone, G., Telesca, V., 2012, **Comparison of algorithms to retrieve Land Surface Temperature from LANDSAT-7 ETM+ IR data in the Basilicata Ionian band**, Journal of Mediteranean Meteorology and Climatology, pp 25-34
- [14] Peng, Fen, Xiong, Y., Cheng, Y., Fan, Q., Huang, S., 2013, **Towards Application of Remote Sensing Technology in Geothermal Prospecting in Xilingol in Eastern Inner Mongolia, NE China**, Advanced Materials Research Vols. 610-613 (2013) pp 3628-3631, Trans Tech Publications, Switzerland
- [15] Zhen, Zhao, Cheng, H., Gang, C., 2012, **Using the Mono-Window Algorithm of ETM+6 Data to Interpret Geothermal Anomaly in Fuzhou Basin, China**, the 2nd International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE)
- [16] Bujung, Cyrke A.N., Singarimbun, A., Muslim, D., Hirnawan, F., Sudradjat, A., 2010, **Karakteristik Spektral Permukaan Daerah Panas Bumi (Studi Kasus di Daerah Panas Bumi Patuha Jawa Barat)**, Prosiding Seminar Nasional Fisika, ISBN : 978-979-98010-6-7
- [17] Sugianto, A., Zarkasyi, A., Wardhana, D.D., Setiawan, I., 2011, **Survey Magnetotelurik Daerah Panas Bumi Lainya Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara**, Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumberdaya Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral RI
- [18] Risdianto, D., Munandar, A., Sriwidodo, Prasetya, H., 2011, **Survei Aliran Panas Daerah Panas Bumi Lainya, Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara**, Badan Geologi, Pusat Sumberdaya Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, www.psdg.bgl.esdm.go.id, diakses tanggal 29 Agustus 2014, pukul 16.25 WITA
- [19] Balaka, Ridway, Aditya Rahman and Laode Muh Golok Jaya, 2013, **Mitigating Climate Change through the Development of Clean Renewable Energy in Southeast Sulawesi, a Developing Region in Indonesia**, International Journal of Energy, Information and Communications Vol. 4, Issue 4, August, 2013,

REFERENSI DARI INTERNET

1. [http://geothermal.itb.ac.id/wp-content/uploads/Sekilas tentang Panas Bumi.pdf](http://geothermal.itb.ac.id/wp-content/uploads/Sekilas_tentang_Panas_Bumi.pdf), diunduh pada tanggal 28 Agustus 2014 jam 13.30 WITA

Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahan dan Syariah, FEB UHO Kendari, 11 Oktober 2014

2. <http://www.esdm.go.id/berita/panas-bumi/45-panasbumi>, diunduh pada tanggal 28 Agustus 2014 jam 13.35 WITA
3. <https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/landsat-tmetm>, diunduh pada tanggal 28 Agustus 2014 jam 15.25 WITA
4. <http://eoedu.belspo.be/en/satellites/spot.htm>, diunduh pada tanggal 28 Agustus 2014 jam 15.45 WITA
5. Peta-Peta Geothermal, www.google.co.id, diunduh pada tanggal 25 Agustus 2014 jam 10.05 WITA
6. www.pln.co.id, diakses 5 September 2014, pukul 08.00 WITA.

Ucapan Terimakasih

Penelitian Hibah Bersaing ini dibiayai oleh dana BOPTN Dikti melalui DIPA UHO Tahun Anggaran 2014. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Ditjen Dikti Kemendikbud dan Rektor Universitas Halu Oleo atas pendanaan penelitian ini.