

**SURVEY TINJAU DAN STUDI LITERATUR UNTUK
POTENSI SUMBER DAYA PANAS BUMI WILAYAH
GUNUNG TORONG KABUPATEN PANDEGLANG,
JAWA BARAT**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

DEDY JAYA ABADI MANIHURUK

NIM : 2015910006

(Program Studi Magister Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, Agustus 2017

Dedy Jaya Abadi Manihuruk

NIM : 2015910006

ABSTRAK

DEDY JAYA A.M (2015910006). Survey Tinjau dan Studi Literatur Untuk Potensi Sumber Daya Panas Bumi wilayah Gunung Torong, Kabupaten Pandeglang, Jawa Barat. Dibawah Bimbingan Dr. Muhammad Syukri Nur, Ir. Riki F. Ibrahim, M.Sc dan Dr. Erwin Susanto Sadirsan.

Lokasi penelitian terletak pada area Gunung Torong Kabupaten Pandeglang, Jawa Barat, penelitian dilakukan dengan tahapan peninjauan lokasi, studi literatur yang ada dengan maksud untuk memetakan suatu wilayah dengan tujuan menghasilkan estimasi sumber daya potensi panas bumi.

Penelitian dengan melakukan survei tinjau lokasi dan melakukan observasi pada manifestasi panas bumi, plotting, pengolahan data lapangan yang kombinasikan dengan citra satelit, DEM, regional geologi sebagai pembanding dan perhitungan sumber daya mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Analisa dari penelitian dikombinasikan dari data-data lapangan, citra satelit untuk interpretasi kelurusan struktur yang ada dalam area penelitian dan regional geologi untuk penentuan luasan estimasi reservoir yang didapat 18.030 Ha. Berdasarkan perhitungan spekulatif estimasi potensi sumber daya panas bumi dengan menggunakan parameter SNI diperoleh hasil sebesar 246 MWe.

Kata kunci: Panas Bumi, Reservoir, Citra Satelit.

ABSTRACT

DEDY JAYA A.M (2015910006). “Field Survey and Literature Study for Geothermal Resources and Potential of Gunung Torong Pandeglang Regency, West Java”. Under supervised of Dr. Muhammad Syukri Nur, Ir. Riki F. Ibrahim, M.Sc and Dr. Erwin Susanto Sadirsan.

The research is located in the area of Gunung Torong Pandeglang Regency, West Java, the research is done by the stages of location review, the existing literature study with the intention to map a region with the aim of generating an estimated geothermal potential resources.

Research by conducting a survey of location review and observation on geothermal manifestations, plotting, field data processing combined with satellite imagery, DEM, regional geology as comparison and resource calculation refer to Indonesian National Standard (SNI).

The analysis of the research is combined from field data, satellite imagery for interpretation of structural alignment in the research area and geologic region for determination of 18,030 Ha of reservoir estimation. Based on the calculation of speculative estimation of geothermal resource potential using SNI parameter, the result is 246 MWe..

Keywords: Geothermal, Reservoir, Satellite Imagery.

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Judul Tesis : Survey Tinjau dan Studi Literatur Untuk
Potensi Sumber Daya Panas Bumi Wilayah
Gunung Torong, Kabupaten Pandeglang, Jawa
Barat.

Nama : Dedy Jaya Abadi Manihuruk

NIM : 2015910006

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing dan Penguji

Dr. Muhammad Syukri Nur
(Pembimbing Utama/Penguji)

Ir. Riki F. Ibrahim, M.Sc
(Anggota/Penguji)

Dr. Erwin Susanto Sadirsan.
(Anggota/Penguji)

Dr Aep Saepul Uyun, ST.P. M.Eng
(Penguji)

Ir. Djoko N Notodisuryo, M.Sc.
(Penguji)

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Aep Saepul Uyun, M.Eng)

(Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU)

Tanggal Ujian : 16 Agustus 2017

Tanggal Yudisium :

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT. Tuhan yang Maha Kuasa, yang telah memberikan bimbingan, kekuatan dan semangat sehingga tesis ini yang berjudul “Survey Tinjau dan Studi Literatur Untuk Potensi Sumber Daya Panas Bumi wilayah Gunung Torong, Kabupaten Pandeglang, Jawa Barat” dan maksud tujuan dari penulisan tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan tugas akhir penelitian Program Studi Pasca Sarjana Jurusan Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada Jakarta.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada : Bapak Dr. Muhammad Syukri Nur selaku ketua dosen pembimbing tesis, Dr. Erwin Susanto Sadirsan dan Bapak Ir. Riki Firmandha Ibrahim, M.Sc/ Ir. Djoko Nugroho N, M.Sc selaku anggota dosen pembimbing tesis dan Bapak Dr. Dony Kushardono selaku instansi LAPAN yang telah memberikan pengarahan dalam citra satelit.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis akan sangat berterima kasih atas kritik dan masukan untuk membuat tesis ini lebih baik. Semoga penulisan dari Tugas Akhir Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan energi terbarukan.

Jakarta, Agustus 2017

Dedy Jaya Abadi Manihuruk

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 21 September 1971 sebagai anak ke 4 dari pasangan Ayah JPS Manihuruk (Almarhum) dan Ibu R Situngkir. Pada tahun 2015 sampai dengan periode saat ini penulis terdaftar sebagai mahasiswa aktif di Sekolah Pascasarjana (S-2) Magister Energi Terbarukan, Konsentrasi Manajemen, Universitas Darma Persada Jakarta.

Penulis pernah bekerja sebagai Geologist dari tahun 1998 – 2010 disalah satu perusahaan PMA dan Lokal Head Office Jakarta. Dan di tahun 2011 sampai dengan sekarang bekerja disalah satu perusahaan konsultan untuk pertambangan dan pengapalan.

Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis dari tahun 1997 sampai sekarang adalah sebagai anggota ikatan alumni geologi Trisakti dan anggota dari IAGI (Ikatan Ahli Geologi Indonesia).

Dipersembahkan untuk

*Almarhum Ayah JPS Manihuruk atas didikan untuk keuletan, kemandirian dan
berfikir optimis dan positif.*

*Ibu kandung R Situngkir yang selalu memberikan doa dan semangat untuk
meyelesaikan studi ini.*

*Istri Winny Harijanti dan Saudara/i, anak Natasha dan keponakanku yang
mendukung untuk melanjutkan program pasca sarjana di UNSADA*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kepada Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur M.Si selaku ketua Tim Pembimbing, Dr. Ir. Erwin Susanto Sadirsan MBA. dan Ir. Riki Firmandha Ibrahim M.Sc/ Ir. Djoko N Notodisuryo, M.Sc selaku anggota tim Pembimbing atas masukan dan saran, kritik sifatnya membangun untuk terselesaikannya penulisan tesis ini.

Penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dan selama masa perkuliahan, penelitian sampai tersusunnya tesis ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis penulisan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

- Bapak Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU, selaku Direktur sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada dan sebagai Dosen pengajar sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan.
- Ibu Dra Irma Nirwani Dj, M.Hum selaku Wakil Direktur sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada.
- Bapak Dr Aep Saepul Uyun, ST.P. M.Eng, selaku Kepala Program Studi Pasca Sarjana Energi Terbarukan dan Dosen pengajar Universitas Darma Persada.
- Bapak Ir. Erkata Yandri, M.Sc dan Ibu Ir. Ratna Ariati , M.Sc, selaku Dosen pengajar sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada.
- Bapak Dr. Dony Kushardono, selaku Pusat Pemanfaatan Penginderaan jauh Instansi LAPAN untuk penggunaan dalam citra satelit.
- Ibu Rita Handayani dan Bapak Marsito selaku staff di sekolah Pasca Sarjana Universitas Darma Persada.
- Pihak Pemerintah Daerah penelitian dan masyarakat lokal daerah Gunung Torong-Pandeglang yang membantu dalam peninjauan lapangan

Penulis mengucapkan mohon maklum apabila ada pihak yang tidak disebutkan satu persatu dan atas dukungannya penulis mengucapkan terimakasih.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Kerangka Penelitian.....	2
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Citra Satelit.....	8
2.2 DEM (Digital Elevation Model).....	8
2.3 Peta Regional Geologi	9
BAB 3 Metodologi Penelitian	11
3.1 Metode Penelitian	11
3.2 Prosedur Penelitian dan Parameter Pengamatan	11
3.3 Analisis Data	11
3.4 Tempat dan Waktu.....	12

3.5	Bahan dan Alat	12
BAB 4	Hasil dan Pembahasan	13
4.1	Lokasi Daerah Penelitian	13
4.2	Hasil Peninjauan Lapangan.....	14
4.3	Pembahasan.....	16
4.3.1	Pembahasan Analisa Citra, DEM dan Regional Geologi.....	16
4.3.2	Pembahasan Hasil Estimasi Potensi Sumber Daya Panas Bumi.....	19
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	25
5.1	Kesimpulan.....	25
5.2	Saran	26

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Energi Mix Indonesia Tahun 2015, RUEN.....	6
Gambar 2.2 Peta panas bumi (Sukyar, dkk 2010).....	6
Gambar 2.3 Citra Satelit Daerah Penelitian (USGS).....	8
Gambar 2.4 Peta DEM (USGS).....	9
Gambar 2.5 Contoh Peta Regional Geologi.....	10
Gambar 2.6 Potensial Sumber Daya Panas Bumi di Indonesia, JICA 2007.....	10
Gambar 4.1 Peta Lokasi penelitian.....	13
Gambar 4.2 Analisa Pola struktur hasil analisa citra satelit.....	17
Gambar 4.3 Peta pola kontur daerah penelitian dan penampang.....	18
Gambar 4.4 Penampang permukaan daerah penelitian.....	18
Gambar 4.5 Peta analisa luasan estimasi reservoar daerah penelitian.....	19

DAFTAR FOTO

	Halaman
Foto 4.1. Lp. 01. Sumber air panas	14
Foto 4.2. Lp. 02. Sumber air panas merupakan manifestasi.....	15
Foto 4.3. Lp. 03. Air panas untuk pemanfaatan langsung.....	15
Foto 4.4. Lp. 04. Singkapan/Outcrop Batuan Vulkanik.....	16

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 4.1 Angka parameter untuk estimasi panas bumi	21
Table 4.2 Perhitungan Estimasi Sumber Daya Panas Bumi	24

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<i>Singkatan</i>	<i>Nama</i>	<i>Pemakaian Pertama Pada Halaman</i>
MWe	Mega Watt Elektrik	iii
MW	Mega Watt	1
EBTKE	Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi	1
ESDM	Energi Sumber Daya Mineral	1
DEM	Digital Elevation Model	1
BBM	Bahan Bakar Minyak	4
GWh	Giga Watt Hour	4
UU	Undang-Undang	5
KEN	Kebijakan Energi Nasional	5
RUEN	Rancangan Rencana Umum Energi Nasional	5
Perpress	Peraturan Presiden	5
WKP	Wilayah Kerja Panas Bumi	7
UNSADA	Universitas Darma Persada	10
P3G	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi	10
GPS	Global Position System	10
LP	Lokasi Pengamatan	11
SNI	Standar Nasional Indonesia	16
MWth	Mega Watt tahun	17

DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN

<i>Simbol</i>	<i>Keterangan simbol</i>	<i>Satuan</i>
He	kandungan energi panas	(kJ)
A	luas daerah panas bumi prospek	(km ²)
h	tebal reservoir	(m)
T	temperatur reservoir	(°C)
SL	saturasi air	(fraksi)
SV	saturasi uap	(fraksi)
UL	energi dalam air	(kJ/kg)
UV	energi dalam uap	(kJ/kg)
f	porositas batuan reservoir	(fraksi)
cr	kapasitas panas batuan	(kJ/kg°C)
pr	densitas batuan	(kg/m ³)
p _L	densitas air	(kg/m ³)
p _v	densitas uap	(kg/m ³)
T _i	temperatur awal	(°C)
T _f	temperatur akhir	(°C)
T _s	temperatur permukaan	(°C)
He _i	kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan awal	(kJ)
He _f	kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan akhir	(kJ)
H _{th}	energi panas bumi maksimum yang dpt dimanfaatkan	(kJ)
H _{de}	energi panas bumi maks yg dpt diambil ke permukaan	(kJ)

<i>Simbol</i>	<i>Keterangan Simbol</i>	<i>Satuan</i>
Hre	energi panas bumi maks yg dpt diambil ke permukaan selama perioda tertentu	(MWth)
Hel	potensi listrik panas bumi	(MWe)
Rf	faktor perolehan	(fraksi)
t	lama waktu (umur) pembangkitan listrik	(tahun)
η	faktor konversi listrik	(fraksi)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Literatur Peta P3G Bandung.....	29
Lampiran 2. Skala Waktu Geologi.....	30
Lampiran 3. Model dalam sistem Panas Bumi.....	31

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia diperkirakan memiliki potensi energi panas bumi terbesar di dunia yaitu sekitar 29.215 MW atau 40% cadangan dunia. Namun ironisnya, energi panas bumi baru bisa berkontribusi sebesar 1.341 MW, sedangkan *roadmap* pengembangan energi panas bumi di tahun 2020 mencapai 6.000 MW (EBTKE-ESDM, 2012).

Di Indonesia metode analisa citra masih jarang digunakan sebagai data awal eksplorasi panas bumi. Citra Satelit, DEM dapat digunakan untuk analisa kelurusan. Kelurusan dalam hal ini merupakan salah satu penanda adanya struktur geologi. Struktur ini berpotensi sebagai zona permeabel yang berperan sebagai jalan bagi fluida panas untuk mengalir menuju kedalaman yang lebih dangkal (Sungkono, 1999), zona permeabel merupakan target pemboran yang signifikan untuk menemukan sumur produktif.

Indonesia merupakan potensi dalam sumber daya panas bumi dimana kepulauan tersusun dari runtunan gunung berapi dan lokasi penelitian merupakan di dalam runtunan gunung berapi dan mempunyai manifestasi dalam panas bumi.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada makalah ini adalah bagaimana menentukan suatu estimasi potensi panas bumi dalam analisa Citra Satelit, DEM, survey tinjau lapangan dan panduan dengan data regional geologi dengan perhitungan sumber

daya spekulatif yang menggunakan angka parameter dan rumus perhitungan dari SNI.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tesis ini adalah untuk memetakan suatu estimasi potensi panas bumi dalam suatu wilayah yang memiliki manifestasi panas bumi, berdasarkan analisa Citra Satelit, DEM, regional geologi (P3G-Bandung) dan tinjauan lokasi di lapangan dengan perhitungan dan parameter standar dari SNI.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan dalam paper ini adalah melakukan analisa studi literatur dan melakukan tinjauan lapangan awal, mengambil angka parameter dari SNI dan langkah berikutnya adalah mengumpulkan data, dalam hal ini data primer dan sekunder estimasi potensi sumber daya panas bumi.

1.5 Kerangka Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan penelitian :

1. Tahap Persiapan:

Identifikasi Masalah, bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang diangkat sebagai tema penelitian, objek penelitian dan daerah penelitian serta merumuskan cara memecahkan permasalahan tersebut.

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan orang lain yang berkaitan sebagai dasar teori mengenai masalah yang akan diteliti seperti pemahaman akan konsep panas bumi, parameter geosains dan literatur lainnya yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya.

Pengumpulan data-data awal, seperti pengumpulan data berupa gambar Citra Satelit, Peta Geologi, DEM, data pendukung lainnya, pemelajaran dan pengertian angka parameter, perhitungan dari SNI untuk panas bumi.

2. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah diperoleh dan data penunjang lainnya.

3. Tahap Analisa

Data yang telah diolah kemudian dianalisis sehingga di dapatkan suatu hasil yang berupa informasi daerah potensi panas bumi beserta penggolongannya.

4. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari proses penelitian ini sebagai laporan Tugas Akhir dari data primer dan sekunder, disertai dokumentasi dari pelaksanaan Tugas Akhir.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

Sebagai negara yang ekonominya sedang tumbuh, konsumsi energi di Indonesia terus meningkat dengan kecepatan pertumbuhan yang sangat tinggi untuk berbagai jenis bahan bakar terutama untuk BBM dan tenaga listrik. Dunia kini juga telah bersepakat untuk melakukan perang terhadap gejala pemanasan global (*global warming*) dengan melakukan banyak perjanjian internasional termasuk Protokol Kyoto, 1997 serta berbagai upaya lain di bidang teknologi maupun perdagangan untuk menekan kemungkinan terjadinya pemanasan global tersebut. Disadari benar bahwa penyebab terbesar dari persoalan pemanasan global adalah pembakaran bahan bakar fosil (*fossil fuels*), dan karena itu upaya-upaya untuk menyediakan bahan bakar alternatif yang lebih akrab lingkungan (*environmentally friendly*) perlu terus diupayakan. Panas bumi merupakan salah satu bahan bakar yang sangat akrab lingkungan dan bersifat terus dapat diperbarui (*renewable*).

Sasaran KEN untuk tahun 2025 adalah pagar dalam menyusun RUEN. Kondisi saat ini Energi Baru dan Terbarukan pemakaiannya baru 5%, BBM mencapai posisi 46%, Batubara 31% dan Gas Bumi di posisi 18%. Saat ini pembangkit listrik mencapai 51 GW dengan konsumsi Energi 0,8 TOE/kapita dan konsumsi listrik 776 KWh/kapita. Rancangan Energi di tahun 2025 dirancang untuk EBT adalah 23%, Batubara 30% dan Gas Bumi 22% dan pemakaian Energi fosil dibatasi hanya untuk pemakaian sampai 25% dari pemakaian Energi di Indonesia (Gambar 2.1). Rancangan untuk pembangkit listrik adalah 115GW, konsumsi energi 1,4TOE/kapita dan konsumsi listrik 2.500 KWh/kapita. Hal utama yang dilakukan dalam RUEN antara lain adalah : Menjabarkan proyeksi

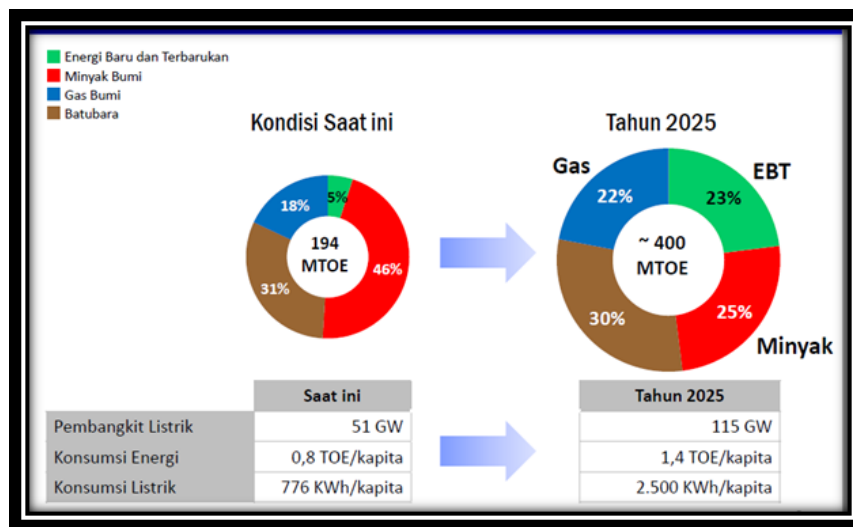
pasokan dan kebutuhan energi per tahun dari tahun 2015 sampai dengan 2050 dan menyusun rencana program/proyek/kebijakan konkrit dari tahun 2015 sampai dengan 2025 yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi.

Perpres No. 22 Tahun 2017 tentang RUEN antara lain adalah kebijakan Pemerintah Pusat mengenai rencana pengelolaan energi tingkat nasional yang merupakan penjabaran dan rencana pelaksanaan KEN yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran KEN. Rencana Umum Energi Daerah Provinsi (RUED-P) adalah kebijakan pemerintah provinsi mengenai rencana pengelolaan energi tingkat provinsi yang merupakan penjabaran dan rencana pelaksanaan RUEN yang bersifat lintas sektor untuk mencapai sasaran RUEN. Dan KEN adalah kebijakan pengelolaan energi yang berdasarkan prinsip berkeadilan, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan guna terciptanya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional.

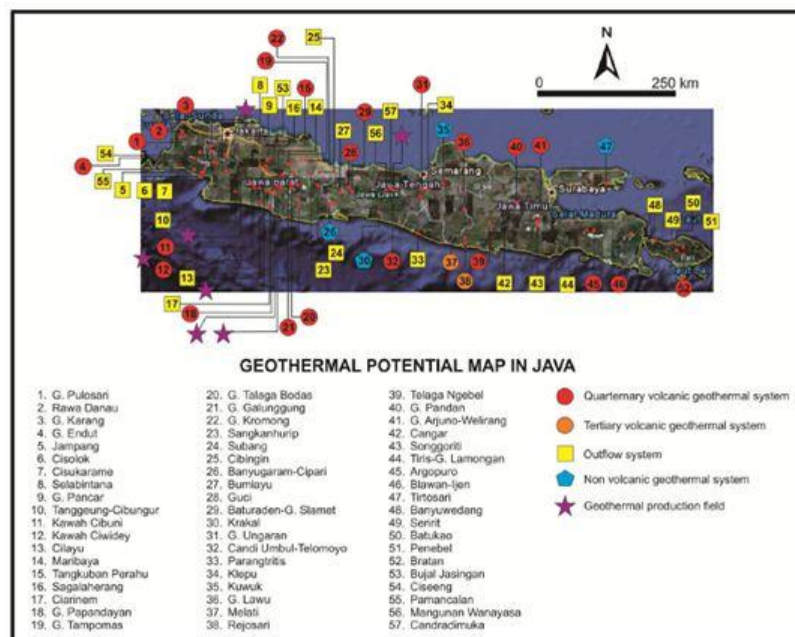
Panas bumi (*geothermal*) di Indonesia merupakan salah satu sumber daya energi yang memiliki cadangan dengan jumlah sangat besar, namun sampai saat ini di tengah krisis energi yang melanda berbagai tempat di Indonesia, termasuk ancaman kekurangan pasokan energi untuk Jawa.

Energi panas bumi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dalam bidang energi, misalnya untuk pembangkit listrik, pengeringan hasil pertanian, pemanasan air dan sebagainya. Manifestasi permukaan dapat berupa sumber air panas, fumarol, geyser, lumpur panas, mata air panas, kolam panas, dan sebagainya.

Survei Pendahuluan adalah kegiatan yang meliputi pengumpulan, analisis, dan penyajian data yang berhubungan dengan informasi kondisi geologi, geofisika, dan geokimia, serta survei landaian suhu apabila diperlukan, untuk memperkirakan letak serta ada atau tidak adanya sumber daya Panas Bumi dan eksplorasi adalah rangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan geologi, geofisika, geokimia, pengeboran uji, dan pengeboran sumur eksplorasi yang bertujuan untuk memperoleh informasi kondisi geologi bawah permukaan guna menemukan dan mendapatkan perkiraan cadangan Panas Bumi (UU No.21 Tahun 2014).



Gambar 2.1 Energi Mix Indonesia Tahun 2015, Ringkasan substansi RUEN 2015-2050.



Gambar 2.2 Peta potensi geothermal di Pulau Jawa. (Sukhyar, 2010)

Area penelitian memiliki potensi sumber daya panas bumi yang cukup besar dan saat ini belum dimanfaatkan untuk tenaga listrik dan hanya dipakai pemanfaatan secara langsung umumnya untuk pemandian air panas/wisata.

Di Provinsi Banten (Satubanten News, 2014) potensi panas bumi yang tersedia sebesar 800 MW yang tersebar di 7 lokasi dan yang telah diidentifikasi oleh Kementerian ESDM khususnya Badan Geologi ada 3 titik potensi yaitu: Kaldera

Danau Banten (Komplek Gn. Karang, Gn. Pulosari, dan Rawa Danau), Gunung Endut di Kabupaten Lebak dengan potensi spekulatif sebesar 225 MW, Pamancalan di Kabupaten Lebak dengan potensi spekulatif sebesar 225 MW.

Dari 3 (tiga) titik potensi tersebut yang telah ditetapkan sebagai Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi (WKP Panas Bumi) adalah Kaldera Danau Banten yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor 0026K/30/MEM/2009 tentang Penetapan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi di Daerah Kaldera Danau Banten Kabupaten Serang dan Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten, dan telah dilelangkan pada tahun 2010 dengan pemenangnya yaitu Konsorsium PT. Sintesa Green Energy dan PT. Banten Global Synergi dengan kondisi saat sekarang (awal tahun 2011) sedang dalam penyiapan penerbitan IUP oleh Gubernur Banten dan persiapan pelaksanaan eksplorasi dan studi kelayakan.

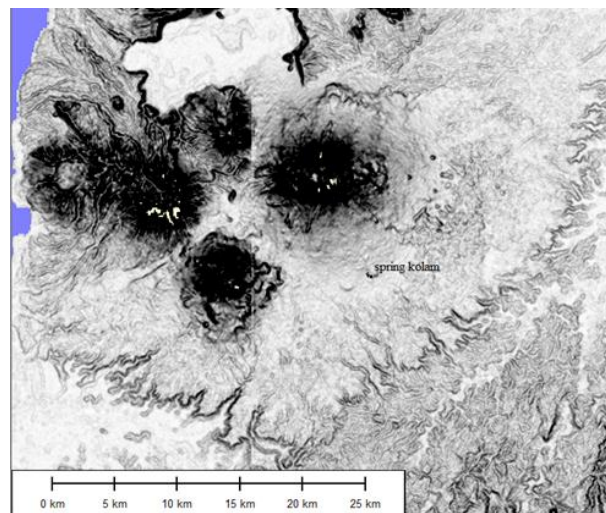
Wilayah Kerja Panas Bumi yang selanjutnya disebut Wilayah Kerja adalah wilayah dengan batas-batas koordinat tertentu digunakan untuk pengusahaan Panas Bumi untuk Pemanfaatan Tidak Langsung (UU No. 21 Tahun 2014).

Walaupun potensi panas bumi Indonesia sangat besar dan banyak kelebihan energi panas bumi, namun sejumlah kendala menghadang pengembangan energi panas bumi. Kendala yang signifikan adalah hambatan regulasi. Salah satunya terlihat dari ketidaksesuaian undang-undang tentang panas bumi dengan undang-undang kehutanan dan masalah konservasi dalam pelaksanaan panas bumi. Ketidaksesuaian antar dua undang-undang tersebut menyebabkan terhentinya kegiatan di sejumlah wilayah kerja panas bumi di tingkat eksplorasi dan eksploitasi dan harga listrik yang diperoleh dari panas bumi sangat murah yaitu sebesar 7 – 10 sen \$ per kwh, hal ini merupakan salah satu pertimbangan dari pengembangan dalam energi panas bumi dan Community Development/CSR juga perlu di jalankan untuk pengembangan untuk panas bumi.

2.1 Citra Satelit

Penginderaan jarak jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Teknologi penginderaan jauh dalam bidang eksplorasi energi panas bumi dapat digunakan untuk memetakan struktur, distribusi temperatur permukaan tanah yang berasosiasi dengan manifestasi permukaan panas bumi.

Di Indonesia metode analisa citra masih jarang digunakan sebagai data awal eksplorasi panas bumi. Citra yang digunakan beragam, seperti Landsat, ASTER, dan DEM. Citra Landsat dan DEM dapat digunakan untuk analisa kelurusan.

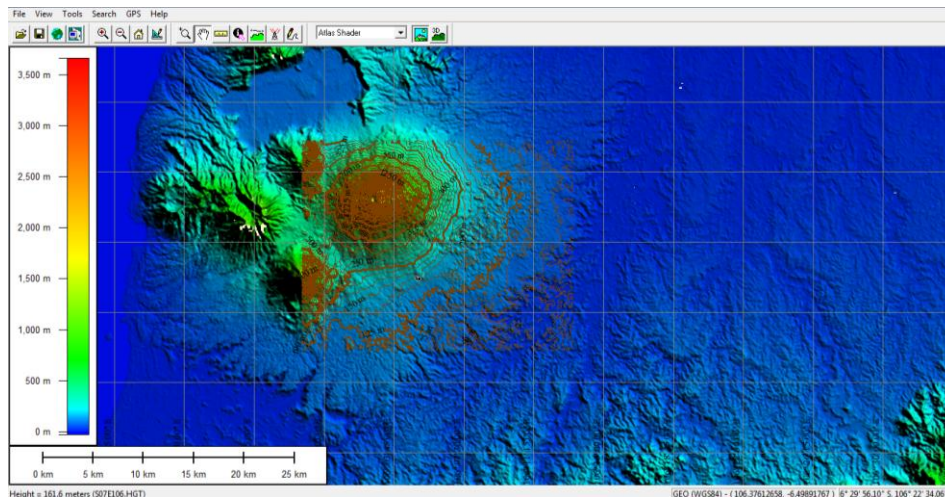


Gambar 2.3 Citra satelit pada daerah penelitian (USGS)

Kelurusan dalam hal ini merupakan salah satu penanda adanya struktur geologi. Struktur ini berpotensi sebagai zona permeabel yang berperan sebagai jalan bagi fluida panas untuk mengalir menuju kedalaman yang lebih dangkal.

2.2 DEM (Digital Elevation Model)

DEM dapat digunakan untuk analisa mengetahui relief permukaan bumi, analisa kontur muka bumi, perbedaan kenampakan batuan di permukaan dan juga dapat menganalisa kelurusan.



Gambar 2.4 Peta DEM lokasi penelitian (USGS)

2.3 Peta Regional Geologi

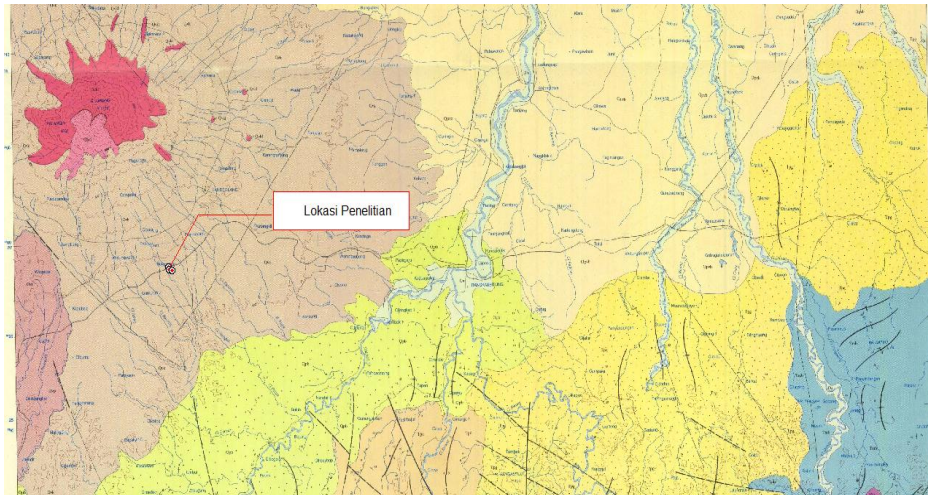
Data regional geologi merupakan data secara menyeluruh Formasi pembentukan batuan/tanah dengan kondisi struktur. Geologi adalah Ilmu (sains) yang mempelajari bumi, komposisinya, struktur, sifat-sifat fisik, sejarah, dan proses pembentukannya. Ilmu ini erat kaitannya dalam penentuan daerah potensi panas bumi, salah satu cabang ilmu geologi untuk mengetahui keberadaan reservoir panas bumi di bawah tanah.

Peta Geologi daerah penelitian masuk dalam lembar Serang dengan skala peta 1;100.000 yang diterbitkan oleh P3G Bandung. Dalam kesebandingan peta daerah penelitian dalam formasi batuan vulkanik kuartar. Kontrol struktur terlihat mempuraai arah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya (Gambar 2.5).

Geologi permukaan adalah gambaran mengenai penyebaran dan susunan batuan (lapisan batuan), serta memuat informasi gejala-gejala struktur geologi yang mungkin mempengaruhi pola penyebaran batuan pada daerah tersebut. ilmu yang mempelajari struktur-struktur individual (kerak bumi) seperti antiklin-antiklin, sesar sungkup (thrust), sesar- sesar, liniasi dan lainnya dalam suatu unit tektonik.

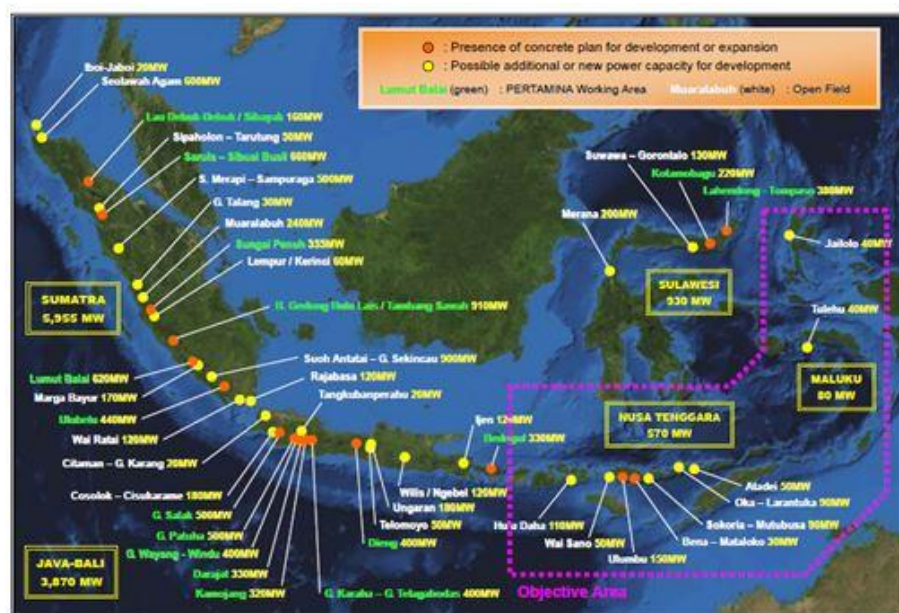
Dalam potensi panas bumi dari penelitian sebelumnya untuk daerah Gunung Karang mempunyai potensi yang sangat besar Batuan intrusi muda di bawah

Gunung Karang diinterpretasikan sumber panas, sementara batuan sedimen tersier kemungkinan berfungsi sebagai reservoir.



Gambar 2.5 Peta Regional Geologi lembar Serang (Suharsono, 1991).

Terlihat runtunan gunung berapi di Indonesia dimana sumber daya dalam panas bumi sangat berpotensi untuk perkembangan dalam penggunaan listrik kedepan.



Gambar 2.6 Potensial Sumber Daya Panas Bumi di Indonesia, JICA 2007 & Proceedings of the 9th Asian Geothermal Symposium, 7-9 November 2011.

BAB 3

Metodologi Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada wilayah Gunung Torong, Kabupaten Pandeglang Provinsi Jawa Barat merupakan jalur runtunan gunung berapi. Daerah ini masih memerlukan keperluan energi dan daerah sekitarnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara menganalisis kelurusan struktur daerah dengan menggunakan citra satelit, DEM, tinjauan lapangan awal dan menganalisa dengan perhitungan parameter mengikuti SNI panas bumi. Peta Geologi sebagai untuk mengetahui formasi batuan, struktur/model runtunan batuan secara regional. Kelurusan-kelurusan yang diperkirakan struktur geologi tersebut memiliki perbedaan relief, bentuk pada citra satelit.

3.2 Prosedur Penelitian dan Parameter Pengamatan

1. Pengumpulan data dan referensi dari Instansi/Lembaga/Department untuk penunjang keperluan penelitian.
2. Data-data dari instansi terkait berupa peta, citra satelit, DEM dan peta geologi skala 1 : 100.000.
3. Pengamatan dan prosesing data/peta/citra untuk penunjang penelitian
4. Peninjauan daerah penelitian dengan pengumpulan data lapangan.

3.3 Analisis Data

Penelitian melakukan dengan kombinasi data antara lain peninjauan lapangan, citra satelit, DEM, peta geologi regional dan mengacu pada angka

parameter dari standart SNI untuk panas bumi yang menghasilkan perhitungan spekulatif estimasi potensi panas bumi.

3.4 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan dalam beberapa tempat yaitu Kampus UNSADA, peninjauan lapangan daerah Pandeglang dan Instansi lainnya untuk penunjang penelitian dalam penyusunan laporan.

3.5 Bahan dan Alat

Alat-alat dan Bahan yang diperlukan untuk mendukung penelitian adalah :

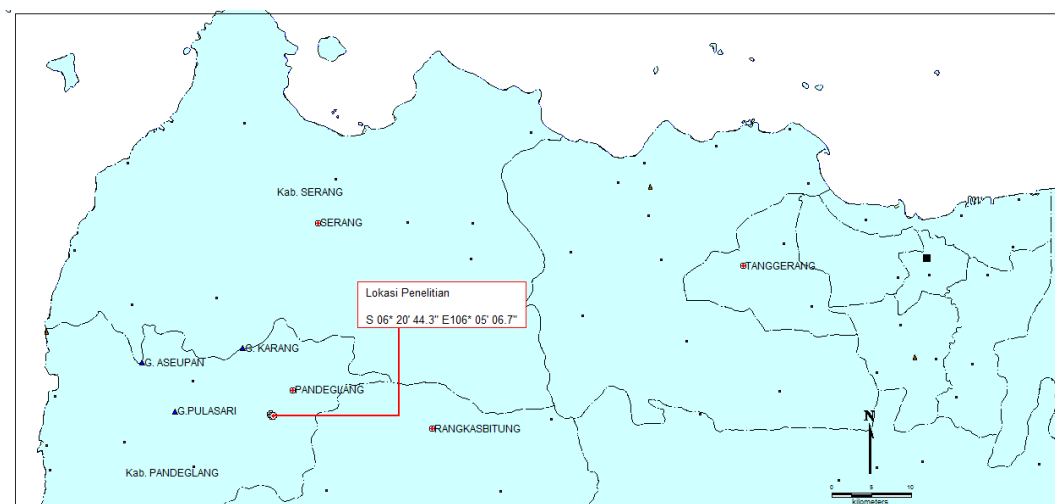
1. Peta Citra Satelit (USGS).
2. Peta Regional Geologi skala 1 : 100.000 (P3G-Bandung).
3. Peta Digital DEM (USGS).
4. GPS map 60 CSx Garmin.
5. Software Excel, Map Source, Global Mapper, MapInfo dan Software pendukung lainnya.
6. Komputer dan alat tulis lainnya.

BAB 4

Hasil dan Pembahasan

4.1 Lokasi Daerah Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian terletak di Desa Cisolong Kabupaten Pandeglang Provinsi Jawa Barat, dapat ditempuh jalan darat dari Jakarta ke lokasi penelitian kurang lebih 3 jam. Daerah penelitian memiliki akses jalan transportasi yang baik dan daerah penelitian masih terlihat perkampungan dan persawahan yang cukup luas.



Gambar 4.1 Peta Lokasi penelitian dan manifestasi panas bumi di wilayah Gunung.Torong, Kabupaten Pandeglang, Jawa Barat.

Daerah ini dipilih karena belum memiliki infrastruktur pemasok listrik/pembangkit listrik dari energi alam/panas bumi yang dapat dimanfaatkan ke masyarakat.

4.2 Hasil Peninjauan Lapangan

Hasil dari observasi dilapangan dijumpai 3 (tiga) sumber air panas / manifestasi panas bumi dan Outcrop Formasi batuan Vulkanik. Koordinat pengamatan dilapangan adalah sebagai berikut:

Lokasi Pengamatan 01.

Merupakan sumber air panas mencapai 60°C dengan endapan belerang, sumber mata air langsung dari dalam permukaan. Timbulnya mata air ini dikarenakan akibat struktur rekahan batuan pada daerah penelitian. Tanah berwarna kehitaman hasil pelapukan dari batuan vulkanik.



Foto 4.1. Lp. 01. Sumber air panas merupakan manifestasi dari panas bumi, dengan kordinat S $06^{\circ} 20' 44.3''$ dan E $106^{\circ} 05' 06.7''$

Lokasi Pengamatan 02.

Sumber air panas dengan suhu 80°C masih terlihat sedikit uap panas, mata air jernih dan terlihat sedikit endapan belerang. Munculnya mata air panas diakibatkan oleh rekahan batuan dan terlihat air terjun kecil. Dimana air terjun merupakan indikasi daerah terkena struktur geologi.



Foto 4.2. Lp. 02. Sumber air panas merupakan manifestasi dari panas bumi, sumber air panas terlihat membentuk air terjun kecil, terletak di koordinat :

S 06° 20' 43.3" dan E 106° 05' 00.9"

Lokasi Pengamatan 03.

Sumber air panas dengan suhu 45°C digunakan untuk pemakaian langsung banyak digunakan untuk tempat wisata air panas sebagai pendapatan daerah.



Foto 4.3. Lp. 03. Air panas untuk pemanfaatan langsung terletak di koordinat :

S 06° 20' 38.9" dan E 106° 04' 59.1"

Lokasi Pengamatan 04.



Foto 4.4. Lp. 04. Singkapan/Outcrop Batuan Vulkanik

Pemanfaatan Langsung adalah kegiatan pengusahaan pemanfaatan Panas Bumi secara langsung tanpa melakukan proses pengubahan dari energi panas dan/atau fluida menjadi jenis energi lain untuk keperluan nonlistrik. (UU No.21 Tahun 2014).

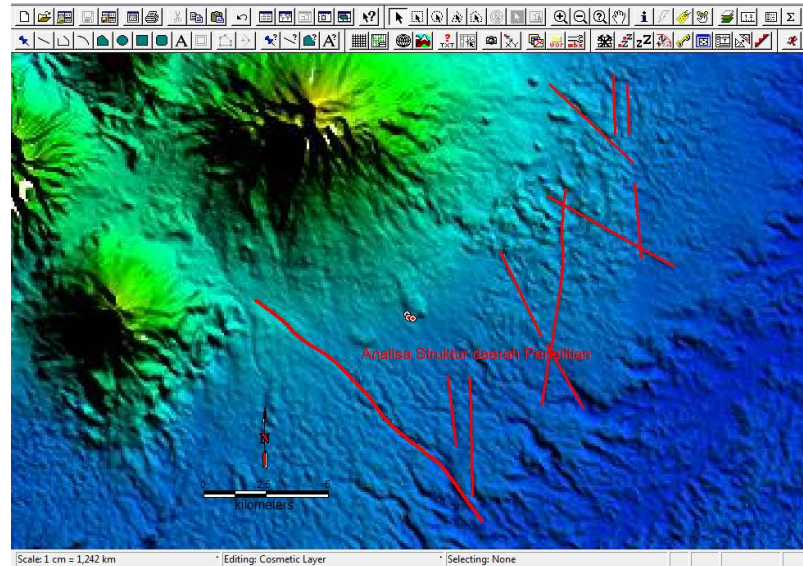
Singkapan batuan vulkanik merupakan bekas aliran lava erupsi gunung api yang berumur kuartar. Batuan vulkanik masuk dalam Formasi dar hasil Gunung api Karang yang berumur Kuartar (Suharsono, 1991).

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Analisa Citra, DEM dan Regional Geologi

Hasil analisa dari citra satelit untuk didapatkan struktur yang bekerja pada area penelitian seperti terlihat pada gambar dengan pola arah gaya utama adalah dengan arah Barat Laut – Tenggara dan diperkirakan pada arah $N320^{\circ}E$ atau $N140^{\circ}E$. Struktur hasil interpretasi dari citra didapatkan rekahan dan sesar yang

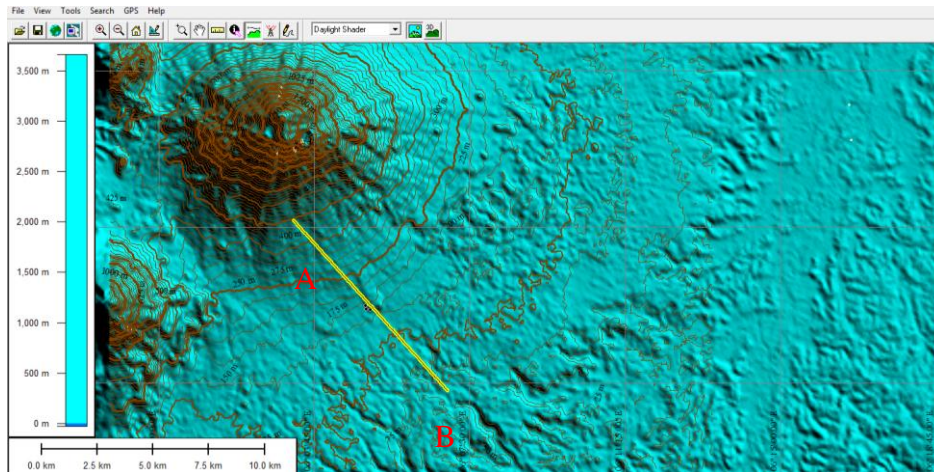
melintas pada batuan berumur kuartar. Struktur yang bekerja pada daerah ini cukup kuat dimana pada bagian selatan tengah dan timur merupakan batuan yang lebih tua dan dapat dilihat pada peta geologi P3G Bandung. (Lampiran 1).



Gambar 4.2 Analisa Pola struktur hasil analisa citra satelit

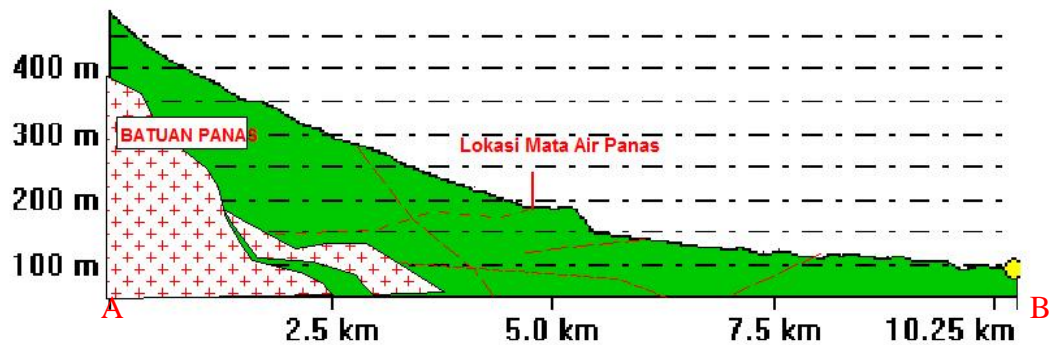
Pola struktur dalam analisa panas bumi merupakan suatu analisa untuk penentuan area reservoir dalam suatu sistem panas bumi.

Analisa dari DEM didapatkan pola kontur seperti gambar 4.3 yang terlihat dan dapat dibuat penampang/cross section untuk lokasi penelitian. Dari kenampakan DEM dan citra terlihat bentuk Gunung dan lembah (Gambar 4.4). Analisa Citra dan DEM dapat mengetahui suatu model dari sistem panas bumi dimana reservoir pada panas bumi dikontrol oleh struktur dan litologi batuan. Model dari reservoir tersebut dapat digambarkan dari penampang hasil analisa DEM.(Gambar 4.4).



Gambar 4.3 Peta pola kontur daerah penelitian dan penampang

From Pos: 106.05420099, -6.30982 To Pos: 106.11604604, -6.37774692



Gambar 4.4 Penampang dan bentuk permukaan daerah penelitian

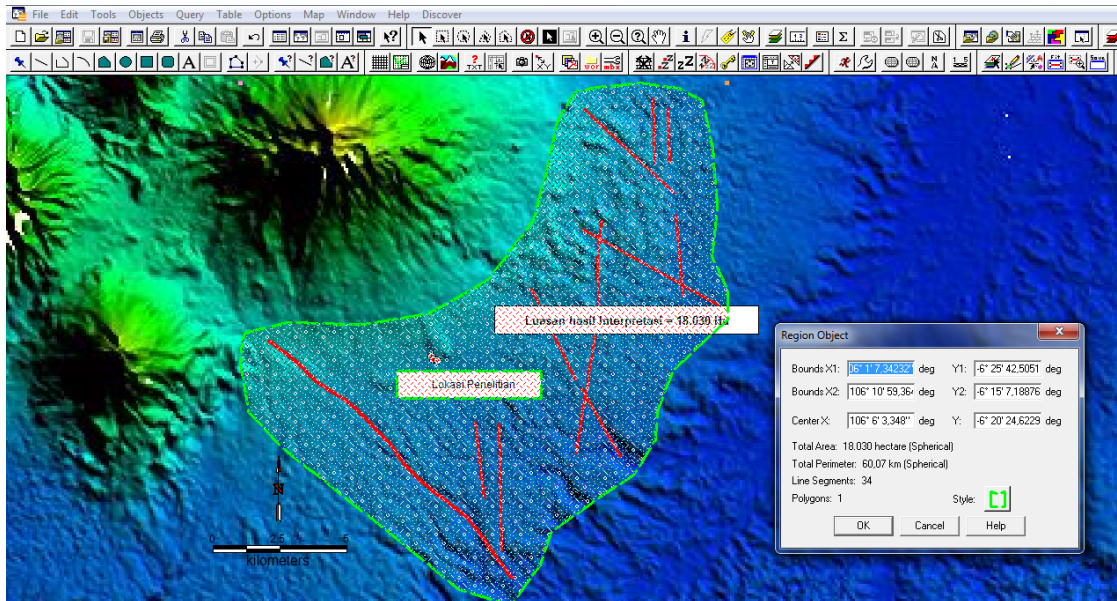
Dari analisa struktur hasil interpretasi citra satelit, DEM, peta geologi regional ditambah dengan data peninjauan lapangan, didapatkan luasan estimasi suatu reservoir panas bumi spekulatif, seluas 18.030 Hektar (Ha). Nampak bahwa struktur geologi telah mengontrol terjadinya rekahan rekahan permeabel sebagai jalan lewatnya air panas dari reservoir ke permukaan.

Sumber air yang keluar cukup berlimpah dimana air tersebut keluar akibat tekanan di reservoir. Air tersebut awalnya dari resapan air hujan sebagai bagian dari siklus hidrologi (dapat dilihat pada model panas bumi di Lampiran 3).

Peninjauan lapangan menemukan manifestasi dari potensi panas bumi berupa air panas, uap panas dan endapan belerang didalam lingkungan Gunung

api di daerah Pandeglang. Tubuh gunung api terbesar yang ada kawah di puncaknya adalah Gunung Karang. Dari kenyataan itu di yakini bahwa sumber panas magmatik adalah pada sistem bawah permukaan Gunung Karang tersebut.

Secara spekulatif dapat diperkirakan batas luasan di permukaan dari reservoir potensi panas bumi didaerah itu. (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Peta analisa luasan estimasi reservoir daerah penelitian. Batas luasan digambarkan disini dengan garis poligon tertutup berwarna hijau.

4.3.2 Pembahasan Hasil Estimasi Potensi Sumber Daya Panas Bumi

Untuk perhitungan estimasi potensi sumber daya energi panas bumi penulis menggunakan acuan angka-angka parameter standar dari SNI dalam kelas sumber daya spekulatif digunakan metode perbandingan :

$$H_{el} = A \times Q_{el}$$

Dimana: A adalah luas daerah (km^2) dan Q_{el} adalah rapat daya (daya listrik per satuan luas, MWe/km^2). Dalam kelas sumber daya hipotetis sampai dengan cadangan terbukti digunakan metode volumetrik dengan rumus :

$$H_e = Ah [(1 - \phi) \rho_r c_r T + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

Dimana :

$H_e =$ kandungan energi panas (kJ)

Estimasi energi panas bumi dengan metode volumetrik dapat dilakukan melalui prosedur sebagai berikut :

1. Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan awal (T_i) :

$$H_{ei} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_i + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

2. Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan akhir (T_f) :

$$H_{ef} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_f + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

3. Menghitung energi maksimum yang dapat dimanfaatkan :

$$H_{th} = H_{ei} - H_{ef}$$

4. Menghitung energi panas yang kenyataannya dapat diambil (cadangan panas bumi), jika cadangan dinyatakan dalam satuan kJ, maka besar cadangan ditentukan sebagai berikut :

$$H_{de} = R_f \times H_{th}$$

dimana,

$$R_f = \frac{T_i - T_f}{T_i - T_s} \times 100\%$$

- dan jika cadangan dinyatakan dalam satuan MWth, maka besar cadangan ditentukan sebagai berikut :

$$H_{re} = \frac{H_{de}}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

5. Menghitung besarnya potensi listrik panas bumi, yaitu besarnya energi listrik yang dapat dibangkitkan selama periode waktu t tahun (dalam satuan MWe).

$$H_{el} = \frac{H_{de} \cdot \eta}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

Dan nilai parameter untuk perhitungan estimasi potensi panas bumi dengan acuan SNI 13-6482-2000 sebagai dalam tabel berikut :

Table 4.1 Angka parameter untuk perhitungan estimasi potensi panas bumi

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Rapat Daya (MWe/km ²)	15	10	5

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Tebal reservoir (meter)	2000	2000	2000
Saturasi air (%)	100	100	100
Porositas batuan (%)	10	10	10
Kapasitas panas batuan (kJ/kg°C)	1.0	0.9	0.8
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Saturasi air (%)	100	100	100
Porositas batuan (%)	10	10	10
Kapasitas panas batuan (kJ/kg°C)	1.0	0.9	0.8
Densitas batuan (kg/m ³)	2.50 x 10 ³	2.60 x 10 ³	2.70 x 10 ³
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

Hasil estimasi perhitungan metode volumetrik dengan menggunakan nilai acuan parameter SNI, analisa peta yang dibuat pada area penelitian dengan cadangan sumberdaya spekulatif didapatkan dengan luas area 18.030 Hektar (180.300.000 m²) dengan asumsi kedalaman reservoir 1.500 meter dan nilai parameter mengikuti standarisasi juga literature dari formasi batuan tersebut dari Gunung Karang adalah type Lava Andesit – Basaltic (Temperature Sedang) dan

peneliti memperhitungkan di area penelitian pada sumber daya ini menghasilkan **246 MWe**.

Perhitungan :

Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan awal (Ti)

$$H_{ei} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_i + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

Kandungan Energi Panas / Heat Energy

Luas area	180.300.000	m ²
Reservoar	1.500	m
	10	% porositas
		kg/m ³ density
	2600	Kg/m³ density Rock
	1	kJ/kg °C Rock
		kJ/kg Internal Energy
	70	% Saturation
	225	Temperature °C awal

kandungan Panas yg ada didalam Reservoir keadaam awal:

$$H_{ei} = \underline{1,42771E+17} \text{ kJ - Heat Energy @ } 225 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan akhir (Tf) :

$$H_{ef} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_f + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

Kandungan Energi Panas / Heat Energy

Luas Area	180.300.000	m ²
Reservoar	1.500	M
	10	% porositas
		kg/m ³ density
	2600	Kg/m³ density Rock
	1	kJ/kg °C Rock
		kJ/kg Internal Energy
	70	% Saturation
	210	Temperature °C akhir

kandungan Panas yg ada didalam Reservoir keadaam akhir:

$$H_{ef} = \underline{1,33078E+17} \text{ kJ - Heat Energy @ } 210 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Menghitung energi maksimum yang dapat dimanfaatkan : $H_{th} = H_{ei} - H_{ef}$

$$H_{th} = \mathbf{9,69354E+15 \text{ kJ}}$$

Menghitung energi panas yang kenyataannya dapat diambil (cadangan panas bumi), jika cadangan dinyatakan dalam satuan kJ, maka besar cadangan ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_{de} &= R_f \times H_{th} = 20\% \times 9,69354E+15 \text{ kJ} \\ &= \mathbf{1,93871E+15 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

Menghitung besarnya potensi listrik panas bumi, yaitu besarnya energi listrik yang dapat dibangkitkan selama periode waktu t tahun (dalam satuan MWe).

Nilai $\eta = 0,1$ (kJ/s) dan $t = 25$ Tahun

$$H_{el} = \frac{H_{de} \cdot \eta}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

$$H_{el} = \frac{\mathbf{1,93871E+15 \text{ kJ}}}{25 \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

Potensi listrik panas bumi (H_{el}) = **246 MWe**

Table 4.2 Perhitungan Spekulatif Estimasi Sumber Daya Panas Bumi

PERHITUNGAN ESTIMASI SUMBER DAYA PANAS BUMI						
	Kandungan Panas Dalam Reservoir, keadaan awal)			Kandungan Panas (Dalam Reservoir keadaan Akhir)		
Luas Area Potensi (Hasil analisa)	180.300.000	m ²		180.300.000	m ²	
Kedalaman Reservoir	1.500	m		1.500	m	
Porositas	10	%		10	%	
Densitas Batuan	2.600	Kg/m ³		2.600	Kg/m ³	
Kap. Panas batuan	1	Kj/Kg °C		1	Kj/Kg °C	
Saturasi	70	%		70	%	
Temperatur Reservoir	225	°C		210	°C	
Panas di Reservoir	1,42771E+17		kj	1,33078E+17		kj
Max Energi yang di manfaatkan				9,69354E+15		kj
Energi yg dapat dimanfaatkan	20% RF			1,93871E+15		kj
Energi Panas bumi sebagai Listrik	0,1 kJ/s - Mwe			246	MWe	

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Indonesia memiliki potensi energi panas bumi cukup terbesar di dunia dan jalur runtunan gunung berapi hingga saat ini masih aktif dan lokasi penelitian terletak di area Gunung Torong Kabupaten Pandeglang, Jawa Barat, mempunyai Formasi batuan Vulkanik kuarter dan dalam jalur gunung berapi.
- Analisa penelitian menggunakan data citra, DEM, data geologi awal dan peninjauan lapangan dengan menggunakan parameter dari SNI panas bumi untuk perhitungan estimasi potensi panas bumi.
- Manifestasi dari panas bumi pada daerah penelitian saat ini dipergunakan untuk pemanfaatan langsung untuk wisata. Pemanfaatan Langsung adalah kegiatan perusahaan pemanfaatan Panas Bumi secara langsung tanpa melakukan proses pengubahan dari energi panas dan/atau fluida menjadi jenis energi lain untuk keperluan nonlistrik.
- Morfologi daerah penelitian terdapat Gunung dan Lembah, munculnya mata air panas terletak di area perbukitan yang landai dengan munculnya mata air panas dari akibat rekahan batuan yang dikontrol oleh struktur dan sumber/induk batuan panas terdapat pada Gunung Karang dimana WKP yang sudah ada adalah Kaldera Danau Banten (ESDM Nomor 0026K/30/MEM/2009) dengan pemenang lelang tahun 2010 adalah Konsorsium PT. Sintesa Green Energy dan PT. Banten Global Synergi.

-
- Analisa hasil estimasi perhitungan dari penelitian dapat ditafsirkan luasan reservoir adalah seluas 18.030 Hektar. Perhitungan estimasi sumberdaya panas bumi spekulatif dengan mengacu pada parameter angka dari SNI didapatkan energi listrik 246 MWe didaerah hasil interpretasi penelitian.

5.2 Saran

- Diperlukannya penelitian lebih lanjut sesuai tahapan eksplorasi dalam panas bumi dan perlunya pertimbangan biaya untuk penelitian lebih lanjut (Geokimia, Geofisika, drilling dan tahapan lainnya).
- Studi lingkungan untuk kelayakan lingkungan bagi pengembangan WKP panas bumi untuk pengembangan panas bumi melakukan penilaian terhadap dampak yang terjadi setelah pengeboran sumur eksplorasi.

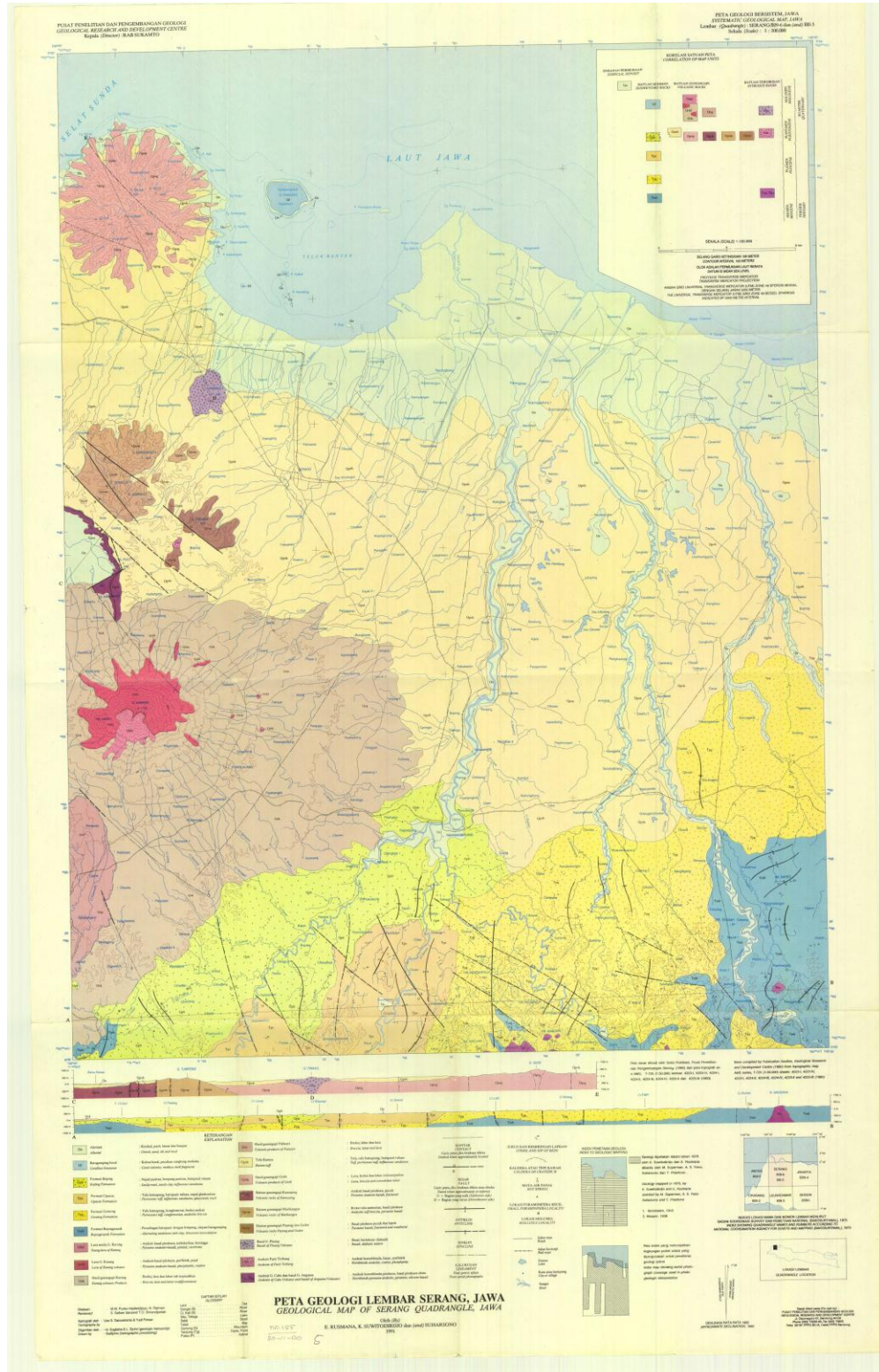
DAFTAR PUSTAKA

1. Asnawir Nasution, 2011. "Current Status and New Geothermal Development Areas in Indonesia" Proceedings of the 9th Asian Geothermal Symposium, 7-9 November 2011.
2. Badan Standarisasi Nasional SNI 13-6482-2000 "Angka parameter dalam estimasi potensi energi panas bumi".
3. Badan Standarisasi Nasional SNI 13-6171-1999 "Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi".
4. Badan Standarisasi Nasional SNI 13-5012-1998 "Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia".
5. <http://desdm.bantenprov.go.id/read/publikasi-energi.html>.
6. Dwi Yuda Wahyu Setya, Seminar Nasional Kebumihan ke-7 "Deliniasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Kelurusan Citra Landsat dan DEM, UGM 2014
7. DiPippo, R., Geothermal Power Plants, 2nd Ed, McGraw-Hill, 2007.
8. Direktorat Energi, Telekomunikasi & Informatika BAPPENAS, "Pengembangan Panas Bumi Untuk Menambah Pasokan Tenaga Listrik dan Menyehatkan Konsumsi Energi Nasional" Laporan Akhir Kajian.
9. Riki F. Ibrahim, Kuliah Panas Bumi Pasca UNSADA "Simulasi Perhitungan Potensi dan Cadangan Panas Bumi".
10. Maulana Chaidir Malik, "Panas Bumi Provinsi Banten" <http://desdm.bantenprov.go.id/read/berita>.
11. M. Kusumodidagdo, B.S. Tjaturhardjo, B. Eva, L.S. Dewi, S. Bambang, 2007. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* Jakarta: LAPAN-UNNES,
12. Nur Suhartono, "Pola Sistem dan Jenis Geothermal Dalam Estimasi Cadangan Daerah Kamojang", *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 5, No. 2, Juli 2012.
13. Nenny Saptadji, 2010 "Sekilas Tentang Panas Bumi". ITB.
14. P. Utami, dan Soetoto, . 2003. Peran Citra Penginderaan Jauh Dalam Pengembangan Sumber Daya Panas Bumi, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan X Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia*, Mataram. Hlm IV 18-19.
15. Pengembangan Panas Bumi di Provinsi Banten, <http://pertambangan-geologi.blogspot.co.id/2011/03/pengembangan-panas-bumi>, diakses pada Juli 2010.
16. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional.
17. RW Van Bemmelen "Geology of Indonesia" Vol-IA General.
18. *Road Map Pengembangan Energi Panas Bumi*, terdapat di: <http://www.ebtke.esdm.go.id/publication/> (diakses: September, 2013)

19. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Rancangan Rencana Umum Energi Nasional –RUEN (2015-2050) Ringkasan substansi Agustus 2015.
20. S. Sungkono, 1999. Analysis of Digital Topographic Data for Exploration and Assesment of Geothermal Systems, *Procceding 21st New Zealand Geothermal Workshop*
21. Satubanten News, 2014 “Pandeglang Miliki Potensi Panas Bumi”. <http://www.satubanten.com>. Diakses pada tanggal 09 November 2014.
22. Suharsono 1991, Peta Geologi Lembar Serang 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi - Bandung.
23. Sukhyar, R., 2010. *Potensi dan Pengembangan Sumber Daya Panas Bumi Indonesia*. Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
24. USGS <https://earthexplorer.usgs.gov/> Citra satelit & DEM, diakses pada bulan Juli 2017.
25. Undang Undang Republik Indonesia No. 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi.

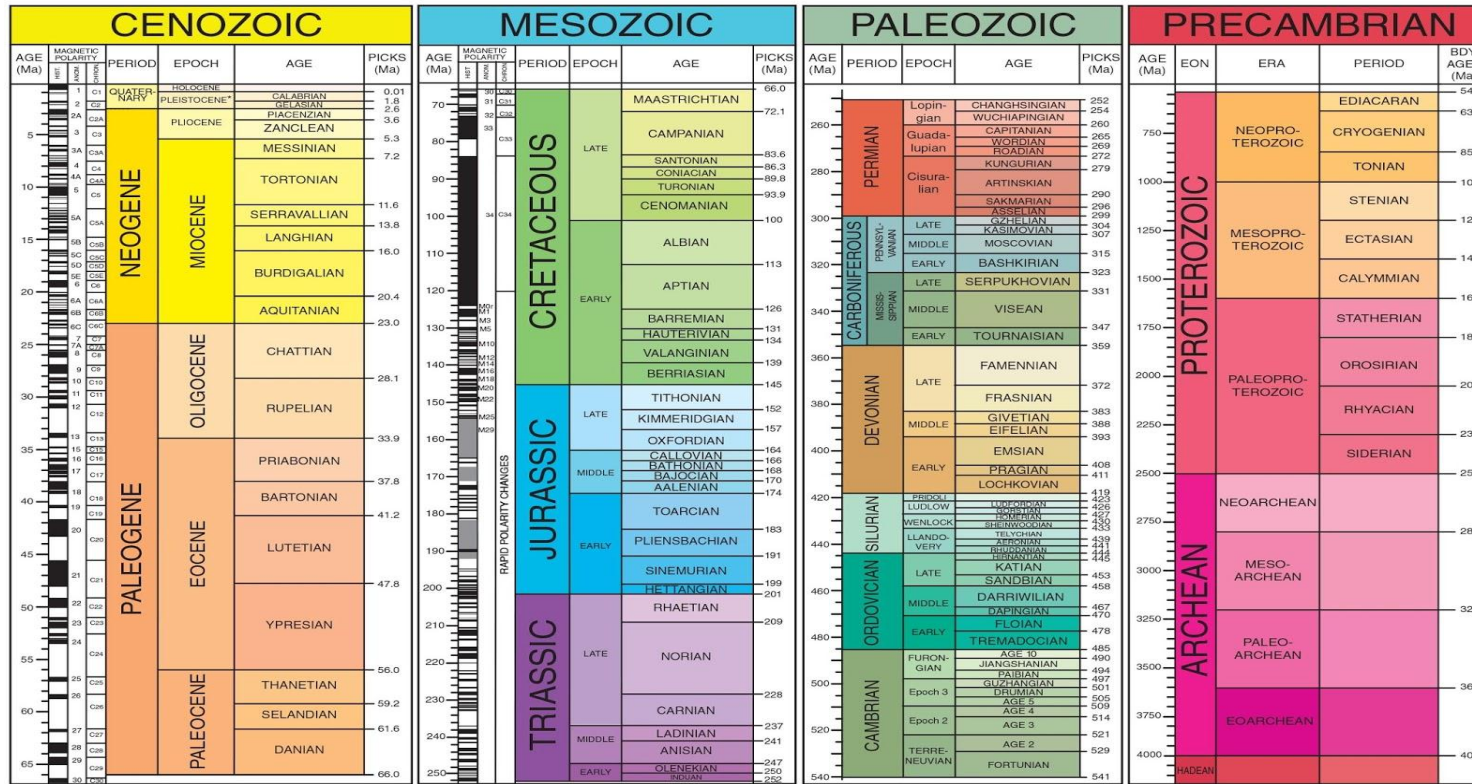
LAMPIRAN

Lampiran 1. Literatur Peta Geologi Lembar Serang (Suharsono,1991).



Lampiran 2. Literatur Skala Waktu Geologi (Walker J.D & Geissman J.W, 2009 The Geological Society of America)

GSA GEOLOGIC TIME SCALE v. 4.0



Lampiran 3 Literatur untuk model dalam sistem Panas Bumi (DiPippo, 2007)

