



TUGAS AKHIR - RG141536

**ANALISA DAERAH POTENSI PANAS BUMI
BERDASARKAN PARAMETER GEOSAINS
MENGUNAKAN METODE *SPATIAL MULTI
CRITERIA ANALYSIS (SMCA)***

VIDYA NABILA TYTO PUTRI
NRP 3512 100 064

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Taufik

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RG 141536

**ANALISA DAERAH POTENSI PANAS BUMI
BERDASARKAN PARAMETER GEOSAINS
MENGUNAKAN METODE *SPATIAL MULTI CRITERIA
ANALYSIS (SMCA)***

VIDYA NABILA TYTO PUTRI
NRP 3512 100 064

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Taufik

Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja di kosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**ANALYSIS OF GEOTHERMAL POTENTIAL AREA
BASED ON GEOSCIENCE PARAMETERS USING
SPATIAL MULTI CRITERIA ANALYSIS (SMCA)**

**VIDYA NABILA TYTO PUTRI
NRP 3512 100 064**

**Supervisor
Dr. Ir. Muhammad Taufik**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

**ANALISA DAERAH POTENSI PANAS BUMI
BERDASARKAN PARAMETER GEOSAINS
MENGUNAKAN METODE *SPATIAL MULTI CRITERIA
ANALYSIS (SMCA)***

Nama Mahasiswa : Vidya Nabila Tyto Putri
NRP : 3512 100 064
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP - ITS
Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Taufik
Yanuardi Herdiyono, ST
Imam M Prasetyo, ST, PGCertGeothermTech

ABSTRAK

PT Pertamina Geothermal Energy sudah diamanatkan pemerintah untuk melakukan pengusahaan panas bumi di Indonesia. Saat ini wilayah kerja (WK) panas bumi PT PGE yang sudah berproduksi meliputi area Kamojang, Ulubelu, Lahendong, dan Sibayak dengan total kapasitas 437 MW, sehingga menjadikan PT PGE sebagai satu-satunya perusahaan di dunia yang mengerjakan empat proyek pengembangan PLTP secara bersamaan.

Guna meningkatkan pengusahaan panas bumi dan perluasan wilayah kerja salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menentukan daerah potensi panas bumi menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)*. Metode *Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)* digunakan untuk menentukan model berdasarkan parameter geosains. Parameter geosains yang digunakan dalam hal ini geologi, geokimia, dan geofisika.

Dengan menggunakan *weighted overlay* dengan bobot: 40% parameter geologi, 30% parameter geokimia, dan 30% parameter

geofisika didapatkan dua kelas, yakni optimal dan cukup optimal. Luas daerah untuk daerah optimal adalah 340,446 ha, sedangkan luas daerah yang cukup optimal adalah 1568,234 ha.

Kata kunci: Sistem Informasi Geografis, Spatial Multi Criteria Analysis, Panas Bumi, Geosains.

ANALYSIS OF GEOTHERMAL POTENTIAL AREA BASED ON GEOSCIENCE PARAMETERS USING SPATIAL MULTI CRITERIA ANALYSIS (SMCA)

Name : Vidya Nabila Tyto Putri
Reg. Number : 3512 100 064
Department : Teknik Geomatika FTSP - ITS
Supervisor : Dr. Ir. Muhammad Taufik
Yanuardi Herdiyono, ST
Imam M Prasetyo, ST, PGCertGeothermTech

ABSTRACT

PT Pertamina Geothermal Energy is a Government-mandated to do the geothermal business in Indonesia. At this time, the geothermal work areas (WK) of PT PGE which already produced are Ulubelu, Kamojang, Sibayak and Lahendong, with a total capacity of 437 MW, made PT PGE as the only company in the world that was working on four projects of geothermal power plant development at the same time.

In order to improved geothermal concessions and expansion of working area one way that can be done is determined areas of potential geothermal using Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA). Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA) is used to define a model based on the parameters of the geosciences. Geoscience parameters used in this geology, geochemistry, and geophysics.

By using weighted overlay by: 40% of the geological parameters, 30% of geochemistry parameters, and 30% of geophysical parameters obtained two classes, i.e., optimal and quite optimal. The area for optimal area is 340.446 hectares, whereas a quite optimal area is 1568.234 hectares.

*Keywords: Geographic Information Systems, Spatial Multi
Criteria Analysis, Geosciences, Geothermal.*

**ANALISA DAERAH POTENSI PANAS BUMI
BERDASARKAN PARAMETER GEOSAINS
MENGUNAKAN METODE SPATIAL MULTI
CRITERIA ANALYSIS (SMCA)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

pada

**Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**VIDYA NABILA TYTO PUTRI
NRP 3512 100 064**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Ir. Muhammad Taufik
1955 0913 1986 03 1001**



SURABAYA, JULI 2016

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang atas rahmat-Nya tugas akhir yang berjudul “Analisa Daerah Potensi Panas Bumi Berdasarkan Parameter Geosains Menggunakan Metode Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)” ini dapat diselesaikan dengan lancar tanpa adanya halangan yang berarti.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh derajat kesarjanaan Strata – 1 pada Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam penulisan laporan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu proses terselesainya laporan ini, khususnya kepada:

1. Orang tua dan adik-adik penulis yang telah memberikan dukungan dan doa restu.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu pelaksanaan penelitian ini.
3. PT Pertamina Geothermal Energy yang telah mengizinkan saya menggunakan data geosains.
4. Bapak Yanuardi Herdiyono, S.T dan Imam Muhammad Prasetyo, S.T selaku Pembimbing di PT Pertamina Geothermal Energy
5. Teman-teman Teknik Geomatika ITS angkatan 2012 terutama Lintang Anisah Putri, Iva Ayu Rinjani, Diah Witarsih, dan Ratna Kusumawadhani, yang selalu memberikan semangat dan masukan-masukan yang membangun.

Dalam penulisan laporan ini saya merasa masih banyak kekurangan baik dalam teknis penulisan maupun materi yang

tercantum didalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan pembuatan laporan ini.

Akhirnya kami berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II	5
2.1 Panas Bumi.....	5
2.1.1 Potensi Panas Bumi.....	6
2.2 Parameter Geosains	7
2.2.1 Geologi.....	7
2.2.2 Geokimia.....	10
2.2.3 Geofisika.....	11
2.3 <i>Spatial Multicriteria Analysis (SMCA)</i>	13
2.3.1 <i>Analytical Hierarchy Process</i>	13
2.3.2 <i>Weighted Overlay</i>	14

2.3.3 <i>Fuzzy Logic</i>	15
2.4 <i>ModelBuilder</i>	15
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	17
2.4.1 Komponen SIG	17
2.4.2 Fungsi SIG	18
2.6 Penelitian Terdahulu	19
BAB III	23
3.1 Lokasi Penelitian	23
3.2 Data dan Peralatan.....	25
3.2.1 Data.....	25
3.2.2 Peralatan.....	25
3.3 Metodologi Penelitian	26
3.4 Tahap Pengolahan Data.....	28
BAB IV	35
4.1 Analisa Geologi.....	35
4.2 Analisa Geokimia.....	37
4.3 Analisa Geofisika	40
4.4 Analisa Geosains	45
BAB V	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53
BIODATA PENULIS	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta Geologi Struktur (Koestono, et al., 2015)	9
Gambar 2. 2	Hasil Pengukuran <i>Magnetotelluric</i>	11
Gambar 2. 3	Peta Hasil Pengukuran <i>Gravity</i>	12
Gambar 2. 4	Peta Sebaran Hasil Pengukuran <i>Microearthquake</i> (MEQ) (Juanda, et al., 2015)	13
Gambar 2. 5	Model Clips Tanah dengan <i>Polygon Area</i> , Menambahkan <i>New Field</i> , dan Menghitung Nilai dari <i>New Field</i> (Esri, 2016)	16
Gambar 2. 6	Metodologi Penelitian Terdahulu (Shako & Mutua, 2012)	20
Gambar 3. 1	Peta Kabupaten Lebong	24
Gambar 3. 2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	26
Gambar 3. 3	Diagram Alir Tahapan Pengolahan Parameter Geologi	28
Gambar 3. 4	Diagram Alir Tahapan Pengolahan Parameter Geokimia	29
Gambar 3. 5	Diagram Alir Tahap Pengolahan Parameter Geofisika	30
Gambar 3. 6	Diagram Alir Tahap Pengolahan	31
Gambar 4. 1	Peta Geologi Struktur Daerah Hululais	36
Gambar 4. 2	Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geologi	37
Gambar 4. 3	Peta Manifestasi Panas Bumi	39
Gambar 4. 4	Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geokimia	40
Gambar 4. 5	Hasil Pengukuran <i>Magnetotelluric</i>	42
Gambar 4. 6	Hasil Pengukuran <i>Gravity</i>	43
Gambar 4. 7	Hasil Pengukuran <i>Microearthquake</i>	44
Gambar 4. 8	Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geofisika	45
Gambar 4. 9	Daerah Potensi Panas Bumi	47

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Manifetasi Panas Bumi.....	38
Tabel 4. 2 Tabel Titik Pengukuran <i>Magnetotelluric</i>	41

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Geologi Struktur.....	53
Lampiran 2 Peta Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geologi	54
Lampiran 3 Peta Manifestasi Panas Bumi.....	55
Lampiran 4 Peta Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geokimia .	56
Lampiran 5 Peta Hasil Pengukuran <i>Magnetotelluric</i>	57
Lampiran 6 Peta Hasil Pengukuran <i>Gravity</i>	58
Lampiran 7 Peta Sebaran <i>Microearthquake</i>	59
Lampiran 8 Peta Hasil <i>Weighted Overlay</i> Parameter Geofisika..	60
Lampiran 9 Peta Daerah Potensi Panas Bumi	61

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Pertamina Geothermal Energy sudah diamanatkan pemerintah untuk melakukan pengusahaan panas bumi di Indonesia. Saat ini wilayah kerja (WK) panas bumi PT PGE yang sudah berproduksi meliputi area Kamojang, Ulubelu, Lahendong, dan Sibayak dengan total kapasitas 437 MW, sehingga menjadikan PT PGE sebagai satu-satunya perusahaan di dunia yang mengerjakan empat proyek pengembangan PLTP secara bersamaan.

Guna meningkatkan pengusahaan panas bumi dan perluasan wilayah kerja salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menentukan daerah potensi panas bumi menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA). Metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA) digunakan untuk menentukan model berdasarkan parameter geosains. Parameter geosains yang digunakan dalam hal ini geologi, geokimia, dan geofisika.

Dengan adanya analisa potensi daerah panas bumi menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA) dapat menentukan hubungan spasial antar parameter untuk menilai potensi panas bumi dan klasifikasi area potensial serta menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pembukaan sumur *geothermal/cluster* baru.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan, antara lain:

1. Bagaimana menganalisa daerah potensi panas bumi berdasarkan parameter geosains menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA)?

2. Bagaimana menentukan daerah potensi panas bumi berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan yaitu parameter geologi, geokimia dan geofisika.
2. Parameter geologi yang digunakan yakni struktur batuan dan sumber panas (*heat source/eruption center*).
3. Parameter geokimia yang digunakan yakni manifestasi panas bumi.
4. Parameter geofisika yang digunakan yakni hasil pengukuran *magnetotelluric*, *gravity*, dan *microearthquake*.
5. Menampilkan daerah hasil analisa potensi geothermal berdasarkan parameter geoscience.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu:

1. Menganalisa daerah potensi geothermal menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)*.
2. Menentukan daerah potensi geothermal menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis (SMCA)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya suatu model analisa potensi panas bumi yang diharapkan bisa menjadi pertimbangan dalam pembukaan wilayah kerja maupun pengembangan wilayah panas bumi.

2. Bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan pembukaan wilayah kerja maupun pengembangan wilayah panas bumi.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panas Bumi

Panas Bumi merupakan sumber energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi. Sumber energi tersebut berasal dari pemanasan batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang dikandung Panas Bumi yang tersimpan di dalam kerak bumi. Untuk pemanfaatannya, perlu dilakukan kegiatan penambangan berupa eksplorasi dan eksploitasi guna mentransfer energi panas tersebut ke permukaan dalam wujud uap panas, air panas, atau campuran uap dan air serta unsur-unsur lain yang dikandung Panas Bumi. Pada prinsipnya dalam kegiatan Panas Bumi yang ditambang adalah air panas dan uap air.

Sumber daya panas bumi ramah lingkungan karena unsur-unsur yang berasosiasi dengan energi panas tidak membawa dampak lingkungan. Panas Bumi merupakan sumber energi panas dengan ciri terbarukan karena proses pembentukannya terus-menerus sepanjang masa selama kondisi lingkungannya dapat terjaga keseimbangannya.

Indonesia memiliki potensi sumber daya Panas Bumi yang besar dibandingkan dengan potensi Panas Bumi dunia. Namun, hingga saat ini Panas Bumi tersebut masih belum dapat dimanfaatkan secara optimal, khususnya sebagai salah satu energi pilihan pengganti bahan bakar minyak.

Potensi Panas Bumi tersebar di sepanjang lintasan gunung api di seluruh Indonesia. Dengan kata lain, sumber daya Panas Bumi hanya terdapat pada daerah tertentu, di pegunungan-pegunungan yang lokasinya merupakan daerah terpencil sehingga dibutuhkan pembangunan. (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2003)

2.1.1 Potensi Panas Bumi

Potensi energi panas bumi di Indonesia yang mencapai 27 GWe sangat erat kaitannya dengan posisi Indonesia dalam kerangka tektonik dunia. Ditinjau dari munculnya panas bumi di permukaan per satuan luas, Indonesia menempati urutan keempat dunia, bahkan dari segi temperatur yang tinggi, merupakan kedua terbesar. Sebagian besar energi panas bumi yang telah dimanfaatkan di seluruh dunia merupakan energi yang diekstrak dari sistem hidrotermal, karena pemanfaatan dari *hot-igneous system* dan *conduction-dominated system* memerlukan teknologi ekstraksi yang tinggi. Sistem hidrotermal erat kaitannya dengan sistem vulkanisme dan pembentukan gunung api pada zona batas lempeng yang aktif di mana terdapat aliran panas (*heat flow*) yang tinggi. Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng aktif yang memungkinkan panas bumi dari kedalaman ditransfer ke permukaan melalui sistem rekahan. Posisi strategis ini menempatkan Indonesia sebagai negara paling kaya dengan energi panas bumi sistem hidrotermal yang tersebar di sepanjang busur vulkanik. Sehingga sebagian besar sumber panas bumi di Indonesia tergolong mempunyai entalpi tinggi.

Panas bumi merupakan sumber daya energi baru terbarukan yang ramah lingkungan (*clean energy*) dibandingkan dengan sumber energi fosil. Dalam proses eksplorasi dan eksploitasinya tidak membutuhkan lahan permukaan yang terlalu besar. Energi panas bumi bersifat tidak dapat diekspor, maka sangat cocok untuk untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri.

Sampai tahun 2004, sebanyak 252 area panas bumi telah diidentifikasi melalui inventarisasi dan eksplorasi. Sebagian besar dari jumlah area tersebut terletak di lingkungan vulkanik, sisanya berada di lingkungan batuan sedimen dan metamorf. Dari jumlah lokasi tersebut mempunyai total potensi sumber daya dan cadangan panas

bumi sebesar sekitar 27.357 MWe. Dari total potensi tersebut hanya 3% (807 MWe) yang telah dimanfaatkan sebagai energi listrik dan menyumbangkan sekitar 2% dalam pemakaian energi listrik nasional.

Mengacu pada UU no. 27/2003 dan UU No. 20/2002 tersebut telah dibuat suatu peta perjalanan (*road map*) panas bumi sebagai pedoman dan pola tetap pengembangan dan pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia. Industri panas bumi yang diinginkan yang tertuang dalam peta perjalanan tersebut antara lain pemanfaatan untuk tenaga listrik sebesar 6000 MWe dan berkembangnya pemanfaatan langsung (agrobisnis, pariwisata, dll) pada tahun 2020. (Wahyuningsih, 2005)

2.2 Parameter Geosains

2.2.1 Geologi

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 (eksplorasi) adalah geologi panas bumi. Guna mengetahui potensi panas bumi hal-hal yang perlu diperhatikan adalah geologi permukaan, dan struktur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

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. (Badgley, 1965).

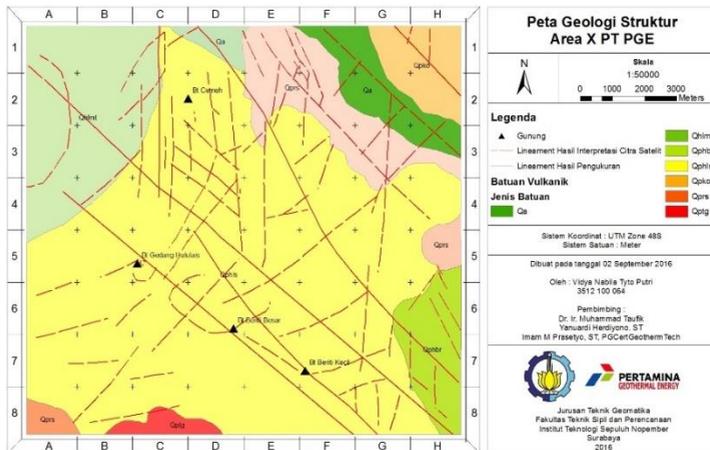
Geologi struktur adalah bagian dari ilmu geologi yang mempelajari tentang bentuk (arsitektur) batuan sebagai hasil dari proses deformasi. Adapun deformasi batuan adalah perubahan bentuk dan ukuran pada batuan sebagai akibat dari gaya yang bekerja di dalam bumi. Secara umum pengertian geologi struktur adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk arsitektur batuan sebagai bagian dari kerak bumi serta menjelaskan proses pembentukannya. Beberapa kalangan berpendapat bahwa geologi struktur lebih ditekankan pada studi mengenai unsur-unsur struktur geologi, seperti perlipatan (*fold*), rekahan (*fracture*), patahan (*fault*), dan sebagainya yang merupakan bagian dari satuan tektonik (*tectonic unit*), sedangkan tektonik dan geotektonik dianggap sebagai suatu studi dengan skala yang lebih besar, yang mempelajari obyek-obyek geologi seperti cekungan sedimentasi, rangkaian pegunungan, lantai samudera, dan sebagainya.

Sebagaimana diketahui bahwa batuan-batuan yang tersingkap dimuka bumi maupun yang terekam melalui hasil pengukuran geofisika memperlihatkan bentuk bentuk arsitektur yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Bentuk arsitektur susunan batuan di suatu wilayah pada umumnya merupakan batuan-batuan yang telah mengalami deformasi sebagai akibat gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Deformasi pada batuan dapat berbentuk lipatan maupun patahan/sesar. Dalam ilmu geologi struktur dikenal berbagai bentuk perlipatan batuan, seperti sinklin dan antiklin. Jenis perlipatan dapat berupa lipatan simetri, asimetri, serta lipatan rebah (*recumbent/overtune*), sedangkan jenis-jenis patahan adalah patahan normal (*normal fault*), patahan mendatar (*strike slip fault*), dan patahan naik (*trustfault*).

Proses yang menyebabkan batuan-batuan mengalami deformasi adalah gaya yang bekerja pada batuan batuan

tersebut. Sebagaimana kita ketahui bahwa dalam teori “Tektonik Lempeng” dinyatakan bahwa kulit bumi tersusun dari lempeng-lempeng yang saling bergerak satu dengan lainnya. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut dapat berupa pergerakan yang saling mendekat (konvergen), saling menjauh (divergen), dan atau saling berpapasan (transform). Pergerakan lempeng-lempeng inilah yang merupakan sumber asal dari gaya yang bekerja pada batuan kerak bumi. Berbicara mengenai gaya yang bekerja pada batuan, maka mau tidak mau akan berhubungan dengan ilmu mekanika batuan, yaitu suatu ilmu yang mempelajari sifat-sifat fisik batuan yang terkena oleh suatu gaya. (Noor, 2009)

Interpretasi data untuk memahami sistem panas bumi dan untuk mengetahui sumber panas, batuan vulkanik, dan capping formation.



Gambar 2. 1 Peta Geologi Struktur (Koestono, et al., 2015)

2.2.2 Geokimia

Geokimia adalah ilmu yang menggunakan prinsip dan teknologi bidang kimia untuk menganalisis dan menjelaskan mekanisme di balik sistem geologi seperti kerak bumi dan lautan yang berada di atasnya. Ilmu ini erat kaitannya dalam penentuan daerah potensi panas bumi. Adanya sumberdaya panas bumi di bawah permukaan terkadang ditunjukkan dengan adanya manifestasi permukaan sebagai akibat dari adanya energi dari dalam bumi yang keluar. Manifestasi permukaan adalah tanda-tanda alam yang nampak di permukaan tanah sebagai petunjuk awal adanya aktifitas panas bumi di bawah permukaan bumi. (Robbany, 2014)

Parameter geokimia meliputi: data lokasi manifestasi, jenis-jenis manifestasi, dan temperaturnya. Jenis-jenis manifestasi diantaranya:

1. Solfatar adalah lubang kecil yang memancarkan uap panas kering (*dry steam*) atau uap panas yang mengandung butiran-butiran air (*wet steam*) dan mengandung gas H_2S .
2. Fumarol adalah lubang kecil yang memancarkan uap dengan kecepatan tinggi kadang dijumpai di daerah yang terdapat sistim dominasi uap. Uap tersebut mungkin mengandung SO_2 yang hanya stabil pada temperatur yang sangat tinggi ($>500^\circ C$).
3. Kolam lumpur panas adalah kubangan lumpur yang umumnya mengandung *non-condensable gas* (CO_2) dengan sejumlah kecil uap panas. Lumpur dalam keadaan cair karena kondensasi uap panas. Sedangkan letupan-letupan yang terjadi adalah karena pancaran CO_2 .
4. Mata air panas adalah mata air yang terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. Terdapat dua istilah mata air panas yakni *hotspring*

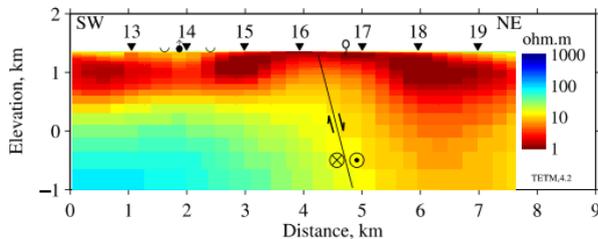
dan *warmspring*. *Hospring* untuk mata air panas yang temperaturnya lebih dari 60° sedangkan *warmspring* untuk mata air panas yang temperaturnya kurang dari 60° .

2.2.3 Geofisika

Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horisontal.

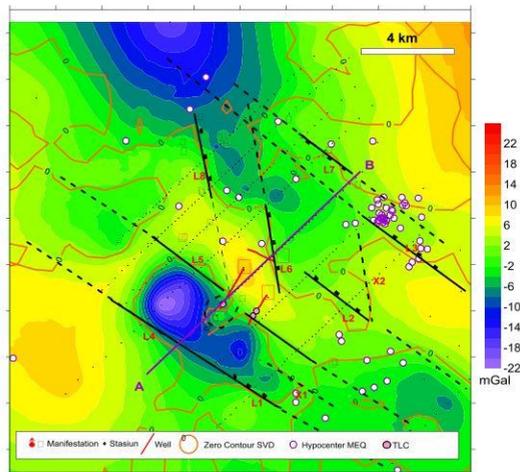
Hasil pengukuran yang digunakan dalam menentukan daerah potensi panas bumi meliputi: hasil pengukuran Magnetotelluric, gravity, dan microearthquake.

1. Hasil Pengukuran *magnetotellurics* (MT) untuk menggambarkan resistivitas bawah permukaan batuan dan menyimpulkan kedalaman dan luasnya reservoir sumber panas dan panas bumi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



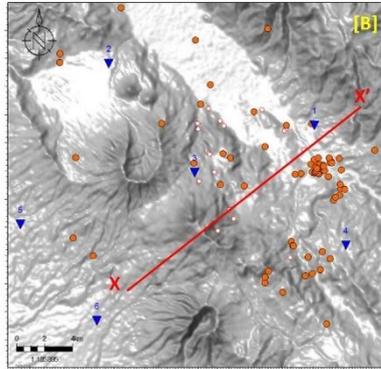
Gambar 2. 2 Hasil Pengukuran *Magnetotelluric* (Raharjo, 2012)

2. Hasil pengukuran *gravity* dari data ini diketahui beda variasi rapat massa suatu material terhadap lingkungan., seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. (Shako & Mutua, 2012).



Gambar 2. 3 Peta Hasil Pengukuran *Gravity*
(Sastranegara, et al., 2015)

3. Hasil pengukuran *microearthquake* (MEQ) untuk mengetahui sebaran retakan berpotensi (sesar aktif) yang mempunyai permeabilitas dan porositas tinggi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Peta Sebaran Hasil Pengukuran *Microearthquake* (MEQ) (Juanda, et al., 2015)

2.3 Spatial Multicriteria Analysis (SMCA)

Metode *Spatial Multicriteria Analysis* (SMCA) adalah teknik yang digunakan untuk mempertimbangkan banyak kriteria yang berbeda ketika membuat keputusan. Proses pada SMCA dapat dipahami (logis), terstruktur, dan dapat diikuti sehingga faktor yang berbeda dapat diidentifikasi dengan jelas dan diprioritaskan. Hal ini memungkinkan solusi alternatif yang sedang dipertimbangkan untuk digolongkan dalam urutan kesesuaian.

Terdapat empat tahapan untuk mengimplementasikan SMCA khususnya menggunakan data raster yaitu tahapan (Irwansyah, 2013):

- Pemilihan kriteria,
- Standarisasi nilai masing-masing kriteria
- Mengalokasikan bobot masing-masing kriteria dan
- Mengaplikasikan algoritma MCE

2.3.1 Analytical Hierarchy Process

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung

keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki, menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.

AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut (Syaifullah, 2010):

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

2.3.2 Weighted Overlay

Weighted overlay, metode analisis ini merupakan analisis spasial dengan menggunakan teknik overlay beberapa peta yang berkaitan dengan factor-faktor yang berpengaruh terhadap penilaian kerentanan. *Weighted overlay* memberikan pertimbangan terhadap faktor atau kriteria yang ditentukan dalam sebuah proses pemilihan kesesuaian (Putri, 2013).

Tujuan *Weighted Overlay* adalah untuk menerapkan sebuah skala penilaian untuk membedakan dan

menidaksamakan input menjadi sebuah analisa yang terintegrasi. Weighted overlay memberikan pertimbangan terhadap faktor atau kriteria yang ditentukan dalam sebuah proses pemilihan kesesuaian. Penentuan % influence masing-masing data raster parameter berdasarkan besar kepentingan atau besar pengaruhnya terhadap objek yang diteliti. Sedangkan penentuan Scale Value ditentukan berdasarkan pemberian bobot terhadap nilai field yang ada.

2.3.3 Fuzzy Logic

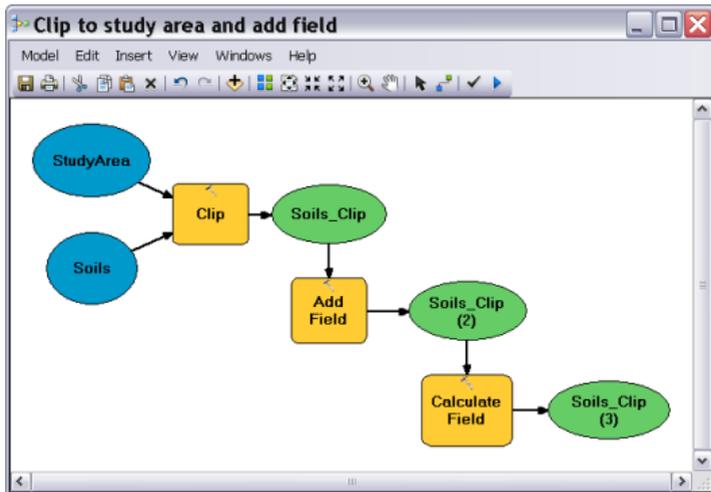
Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika fuzzy (*fuzzy logic*) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem fuzzy, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika fuzzy, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya.

Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya.

2.4 ModelBuilder

Modelbuilder adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk membuat, mengedit, dan mengelola model. Model adalah alur kerja yang bekerja berurutan dengan *tools geoprocessing*, memberikan *output* dari satu *tools* ke *tools* lain sebagai masukan.

ModelBuilder juga dapat dianggap sebagai bahasa pemrograman visual untuk alur kerja bangunan. (Esri, 2016)



Gambar 2. 5 Model Clips Tanah dengan *Polygon Area*, Menambahkan *New Field*, dan Menghitung Nilai dari *New Field* (Esri, 2016)

Sementara *ModelBuilder* sangat berguna untuk membangun dan melaksanakan alur kerja yang sederhana, juga menyediakan metode canggih untuk memperluas fungsi ArcGIS dengan membuat dan berbagi model sebagai *tools*.

ModelBuilder dapat digunakan dengan mengintegrasikan ArcGIS dengan aplikasi lain.

Manfaat *ModelBuilder* sebagai berikut:

- *ModelBuilder* adalah sebuah aplikasi yang mudah digunakan untuk membuat dan menjalankan *tools* alur kerja yang berurutan.
- Dapat membuat *tools* sendiri dengan *ModelBuilder*. *Tools* yang dibuat dengan *ModelBuilder* dapat digunakan dalam *scripting* Python dan model lainnya.

- *ModelBuilder*, dengan menggunakan *scripting* Python, merupakan cara untuk mengintegrasikan ArcGIS dengan aplikasi lain.

2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (output). Hasil akhir (output) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi. (Aronoff, 1989)

2.4.1 Komponen SIG

Menurut John E. Harmon, Steven J. Anderson, 2003, secara rinci SIG dapat beroperasi dengan komponen-komponen sebagai berikut:

- a. Orang yang menjalankan sistem meliputi orang yang mengoperasikan, mengembangkan bahkan memperoleh manfaat dari sistem. Kategori orang yang menjadi bagian dari SIG beragam, misalnya operator, analis, programmer, database administrator bahkan stakeholder.
- b. Aplikasi merupakan prosedur yang digunakan untuk mengolah data menjadi informasi. Misalnya penjumlahan, klasifikasi, rotasi, koreksi geometri, query, overlay, buffer, jointable, dsb.
- c. Data yang digunakan dalam SIG dapat berupa data grafis dan data atribut.
 - Data posisi/koordinat/grafis/ruang/spasial, merupakan data yang merupakan representasi fenomena permukaan bumi/keruangan yang memiliki referensi (koordinat) lazim berupa peta, foto udara, citra satelit dan sebagainya atau hasil dari interpretasi data-data tersebut.

- Data atribut/non-spasial, data yang merepresentasikan aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkannya. Misalnya data sensus penduduk, catatan survei, data statistik lainnya.
- d. Software adalah perangkat lunak SIG berupa program aplikasi yang memiliki kemampuan pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan, analisis dan penayangan data spasial (contoh: ArcView, Idrisi, ARC/INFO, ILWIS, MapInfo, dll)
- e. Hardware, perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem berupa perangkat komputer, printer, scanner, digitizer, plotter dan perangkat pendukung lainnya.

2.4.2 Fungsi SIG

Berdasarkan desain awalnya tugas utama SIG adalah untuk melakukan analisis dataspasial. Dilihat dari sudut pemrosesan data geografik, SIG bukanlah penemuan baru. Pemrosesan data geografik sudah lama dilakukan oleh berbagai macam bidang ilmu, yang membedakannya dengan pemrosesan lama hanyalah digunakannya data digital. Adapun tugas utama dalam SIG adalah sebagai berikut (Throckmorton, 2006):

- a. *Input Data*, sebelum data geografis digunakan dalam SIG, data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam bentuk digital. Proses konversi data dari peta kertas atau foto ke dalam bentuk digital disebut dengan digitizing. SIG modern bisa melakukan proses ini secara otomatis menggunakan teknologi scanning.
- b. *Pembuatan peta*, proses pembuatan peta dalam SIG lebih fleksibel dibandingkan dengan cara manual atau pendekatan kartografi otomatis. Prosesnya diawali dengan pembuatan database. Peta kertas

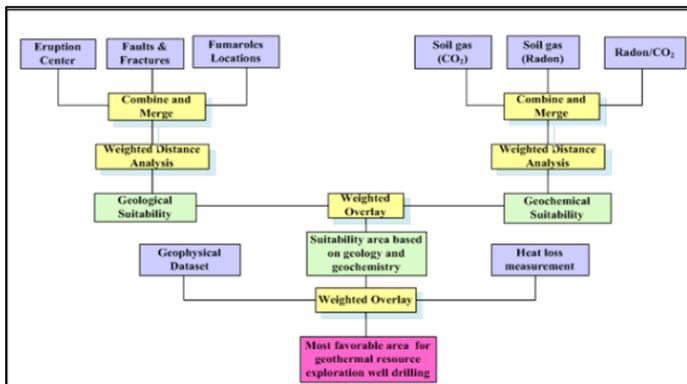
dapat didigitalkan dan informasi digital tersebut dapat diterjemahkan ke dalam SIG. Peta yang dihasilkan dapat dibuat dengan berbagai skala dan dapat menunjukkan informasi yang dipilih sesuai dengan karakteristik tertentu.

- c. *Manipulasi data*, data dalam SIG akan membutuhkan transformasi atau manipulasi untuk membuat data-data tersebut kompatibel dengan sistem. Teknologi SIG menyediakan berbagai macam alat bantu untuk memanipulasi data yang ada dan menghilangkan data-data yang tidak dibutuhkan.
- d. *Manajemen file*, ketika volume data yang ada semakin besar dan jumlah data user semakin banyak, maka hal terbaik yang harus dilakukan adalah menggunakan database management system (DBMS) untuk membantu menyimpan, mengatur, dan mengelola data
- e. *Analisis query*, SIG menyediakan kapabilitas untuk menampilkan query dan alat bantu untuk menganalisis informasi yang ada. Teknologi SIG digunakan untuk menganalisis data geografis untuk melihat pola dan tren.
- f. *Memvisualisasikan hasil*, untuk berbagai macam tipe operasi geografis, hasil akhirnya divisualisasikan dalam bentuk peta atau graf. Peta sangat efisien untuk menyimpan dan mengkomunikasikan informasi geografis. Namun saat ini SIG juga sudah mengintegrasikan tampilan peta dengan menambahkan laporan, tampilan tiga dimensi, dan multimedia.

2.6 Penelitian Terdahulu

Sistem Informasi Geografis (GIS) adalah teknologi yang digunakan untuk menyajikan hubungan spasial antar *layer* data

geoscience dengan tujuan untuk pemetaan zona produksi di daerah panas bumi. Observasi permukaan di Korosi dan Chepchuk digunakan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang cocok untuk sumur eksplorasi. Area ditandai dengan permeabilitas tinggi (*faults* dan patahan), manifestasi panas bumi, dan nilai-nilai anomali dalam survei resistivitas menjadi target utama. Survei eksplorasi permukaan dilakukan dengan menggunakan berbagai metode ilmiah, terutama: Geofisika (MT, TEM dan Gravity), Geologi (struktur, pusat letusan), Geokimia (sampel gas tanah), dan Reservoir (pengukuran *Heat Loss*). Metode integrasi data dalam Sistem Informasi Geografis digunakan untuk menentukan hubungan spasial antara dataset untuk menilai potensi panas bumi dan memprioritaskan area untuk pengeboran eksplorasi. ArcMap®, *geoprocessing* dan *pemodelan* digunakan untuk mengembangkan Model GIS untuk Proyek Prioritas Daerah Sumur Eksplorasi (PAEW) (Shako & Mutua, 2012).



Gambar 2. 6 Metodologi Penelitian Terdahulu (Shako & Mutua, 2012)

Perencanaan awal dari sumur eksplorasi dapat dicapai melalui GIS berdasarkan geologi permukaan, pengambilan sampel gas tanah, *heat loss* dan survei resistivitas. Sistem ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang cocok untuk eksplorasi yang lebih rinci sebelum pengeboran eksplorasi

yang lebih mahal. Juga, pengukuran lebih rinci pada gradien panas bumi bisa dilakukan hanya di daerah yang mana model Index Overlay telah ditetapkan dengan nilai favorability lebih tinggi dari 60%, (Prol-Ledesma, 1998). GIS memberikan presentasi yang cepat dan terintegrasi dari berbagai dataset *science* dan merupakan alat untuk menentukan kelangsungan hidup sumber daya panas bumi seperti yang diterapkan dalam dua prospek ini.

Guna membantu dalam pengambilan keputusan dan penentuan langkah sumur eksplorasi, model kesesuaian menggunakan GIS dikembangkan dengan menggunakan pembobotan data *geoscientific* yang berbeda dan diambil dari prospek panas bumi Korosi dan Cheopchuk. Zona ditampilkan dalam klasifikasi sedang, tinggi dan sangat tinggi (prioritas), dan digambarkan oleh analisa indeks overlay data model berdasarkan data *geoscience* yang tersedia, yang dipertimbangkan untuk penentuan perencanaan sumur eksplorasi.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

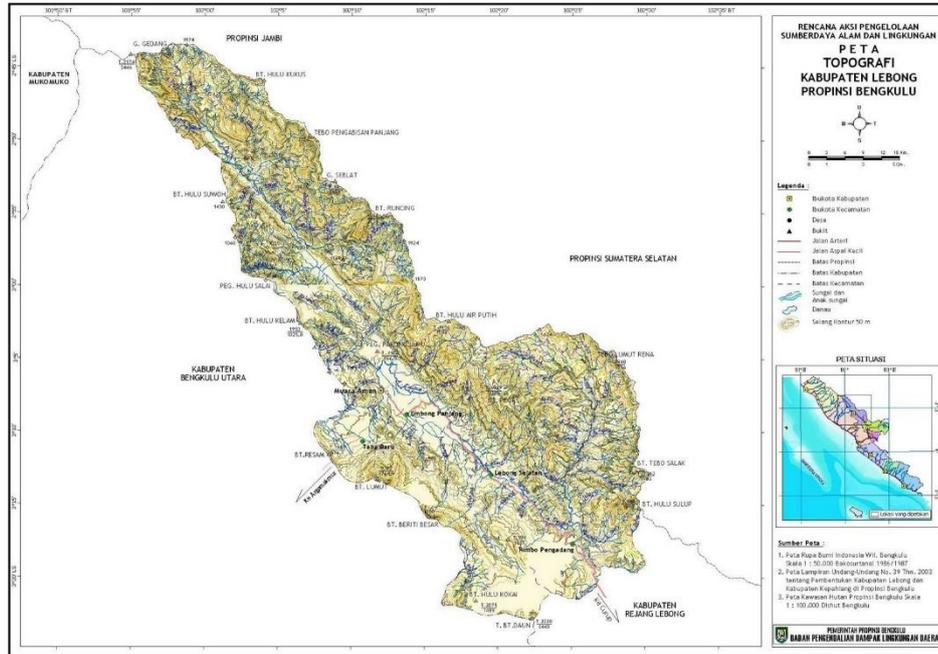
BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini mengambil studi di Kabupaten Lebong yang secara geografis terletak pada koordinat 02°06'05"-03°06' Lintang Selatan dan 101°-102° Bujur Timur. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Lebong adalah 2.427,31 km². Adapun batas wilayah Kabupaten Lebong adalah:

- Sebelah Utara : Kabupaten Sarolangun
- Sebelah Timur : Kabupaten Musi Rawas
- Sebelah Selatan : Kabupaten Rejang Lebong dan
Kabupaten Bengkulu Utara
- Sebelah Barat : Kabupaten Bengkulu Utara

Berdasarkan topografi keadaan wilayah Kabupaten Lebong memberikan gambaran bahwa Kabupaten Lebong merupakan daerah yang memiliki hamparan yang bervariasi, mulai dari datar, berbukit-bukit sampai bergunung, namun didominasi oleh wilayah pegunungan. Selanjutnya wilayah Kabupaten Lebong yang sebagian besar berbukit sampai bergunung merupakan faktor penting dalam menggali potensi sumber daya alam. Dari sisi iklim, Kabupaten Lebong termasuk beriklim tropis. Keadaan iklim rata-rata Kabupaten Lebong Tahun 2010 berkisar antara 20,9°C sampai dengan 29,3°C. Kelembaban Udara berkisar rata-rata 90%. Curah hujan rata-rata 295,17 mm. Dari segi geologi struktur patahan terdapat di beberapa lokasi, diantaranya struktur utama yaitu Patahan Semangko dengan beberapa arah patahan lokal yang telah menjadi tempat kedudukan proses mineralisasi di wilayah ini.



Gambar 3. 1 Peta Kabupaten Lebong

(Sumber: <https://perkumpulankelopak.files.wordpress.com>)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah:

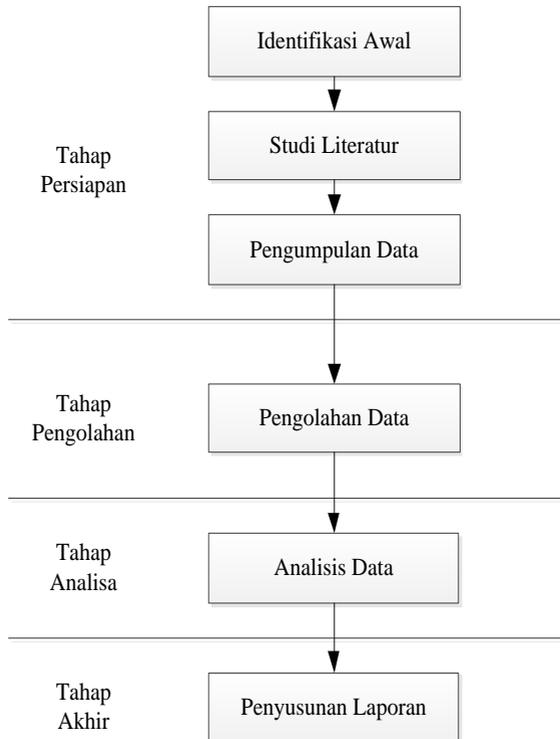
1. Peta Geologi Struktur Daerah X PT PGE Skala 1:80.000
2. Data manifestasi panas bumi yang berisi jenis manifestasi beserta temperaturnya.
3. Data hasil pengukuran *Magnetotelluric*, dapat menggambarkan resistivitas bawah permukaan batuan.
4. Data hasil pengukuran *Gravity*, dari data ini diketahui beda variasi rapat massa suatu material terhadap lingkungan.
5. Data hasil pengukuran *Microearthquake*, untuk mengetahui retakan berpotensi (sesar aktif) yang mempunyai permeabilitas dan porositas tinggi.
6. Data *marking* posisi manifestasi panas bumi, data marking ini didapat dari pengambilan data di lapangan.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Perangkat keras (*Hardware*)
 - a. *Notebook*
2. Perangkat lunak (*Software*)
 - a. Microsoft Office 2016
 - b. ArcGIS 10.3.1

3.3 Metodologi Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan 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. Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisa daerah potensi geothermal berdasarkan parameter *geoscience*

menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA) dan Bagaimana menentukan daerah potensi geothermal berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA).

- Studi Literatur

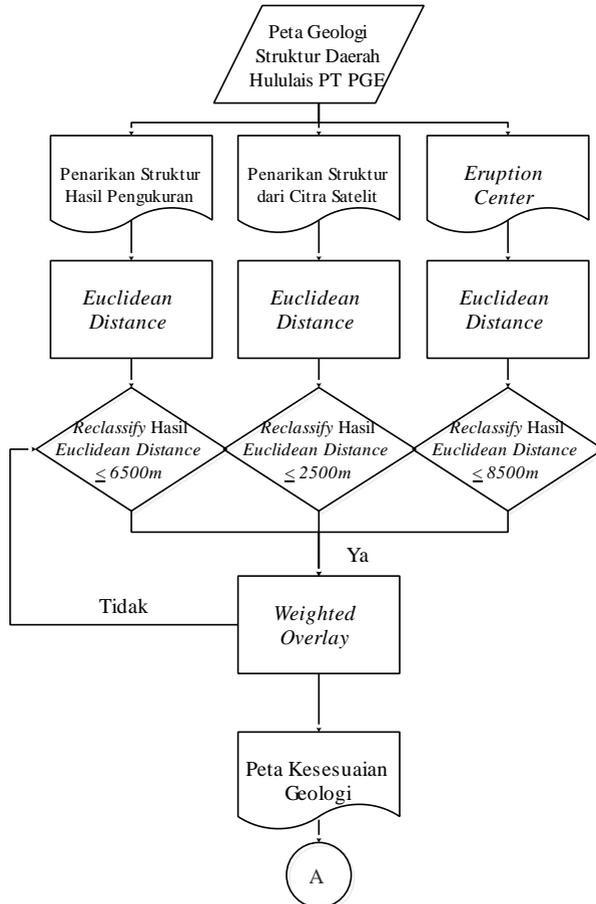
Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan orang lain yang berkaitan sebagai dasar teori mengenai masalah yang akan diteliti seperti pemahaman akan konsep panas bumi, parameter geosains dan literatur lainnya yang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

Pengumpulan data berupa Peta Geologi Struktur Daerah X PT PGE skala 1:80.000 dari PT PGE, data manifestasi panas bumi, data hasil pengukuran *Magnetotelluric*, data hasil pengukuran *Gravity*, data hasil pengukuran *Microearthquake*, dan data *marking* posisi manifestasi panas bumi.
2. Tahap Pengolahan Data
- Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah diperoleh dan data penunjang lainnya yaitu:
- Pengolahan data spasial yaitu data-data spasial yang telah diperoleh kemudian diolah sehingga data-data tersebut dapat dikombinasikan dengan data-data non spasial sehingga menjadi data yang informatif.
 - Pembuatan basis data yang merupakan pengolahan data-data nonspasial sebagai data-data atribut yang akan dikombinasikan dengan data-data spasial sehingga lebih mudah
3. Tahap Analisa
- Data yang telah diolah kemudian dianalisis sehingga di dapatkan suatu hasil yang berupa informasi daerah potensi panas bumi beserta penggolongannya.

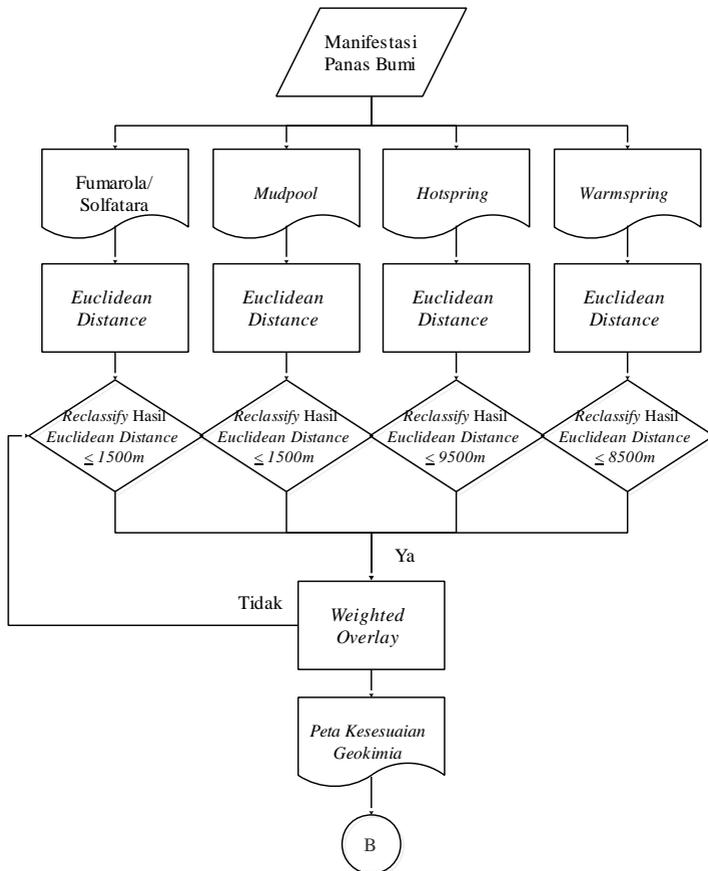
4. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari proses penelitian ini sebagai laporan Tugas Akhir ini disertai dokumentasi dari pelaksanaan Tugas Akhir.

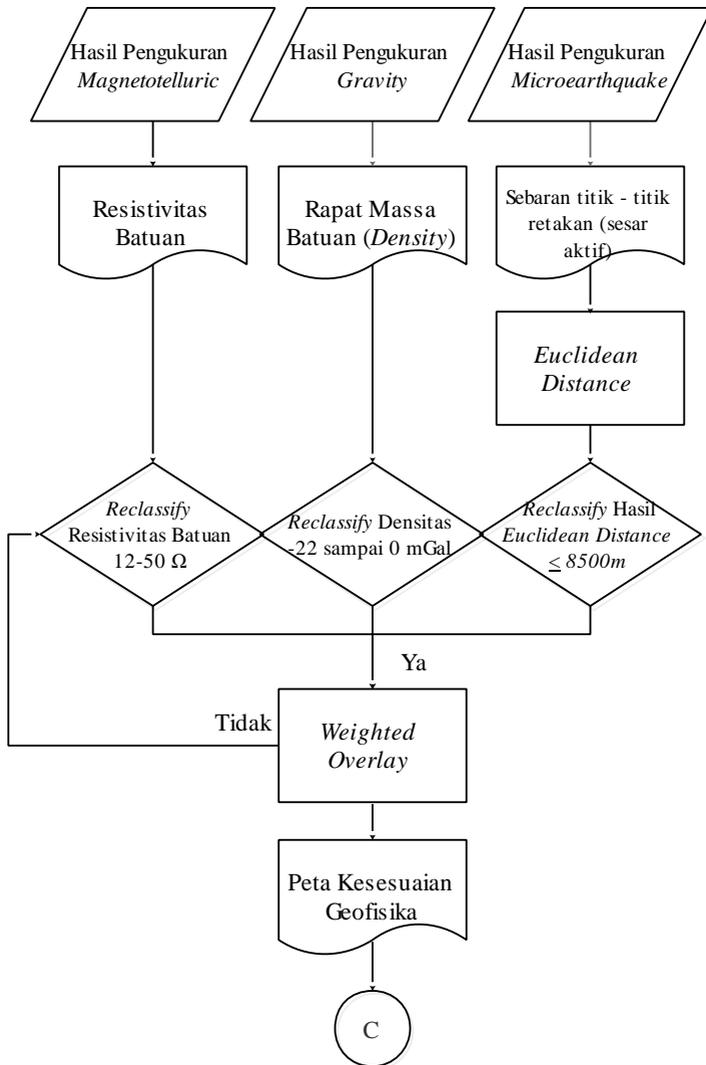
3.4 Tahap Pengolahan Data



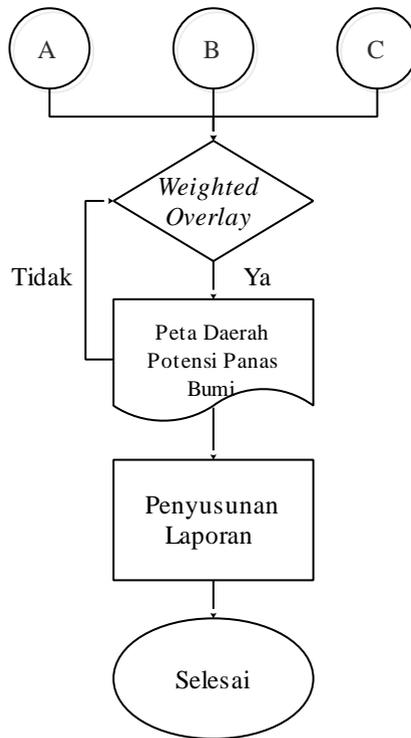
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Parameter Geologi



Gambar 3. 4 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Parameter Geokimia



Gambar 3. 5 Diagram Alir Tahap Pengolahan Parameter Geofisika



Gambar 3. 6 Diagram Alir Tahap Pengolahan Penentuan Daerah Potensi Panas Bumi

Penjelasan diagram Analisa Daerah Potensi Panas Bumi Berdasarkan Parameter Geosains Menggunakan Metode *Spatial Multi Criteria Analysis* (SMCA) sebagai berikut:

1. Digitasi struktur batuan dan gunung dari Peta Geologi Struktur Batuan Daerah X PT PGE.
2. *Import Points* manifestasi dari data marking GPS.
3. Digitasi resistivitas batuan dari hasil pengukuran *Magnetotelluric*.
4. Digitasi densitas batuan dari hasil pengukuran *Gravity*.

5. Digitasi sebaran titik retakan (sesar aktif) dari hasil pengukuran *Microearthquake*.
6. Dari hasil digitasi struktur batuan dikelompokkan menjadi dua, yaitu struktur batuan dari hasil pengukuran dan struktur batuan dari interpretasi citra satelit.
7. Penarikan struktur batuan hasil pengukuran, struktur batuan hasil interpretasi citra dan gunung *dieuclidean distance* yang gunanya menggambarkan hubungan setiap sel terhadap suatu sumber berdasarkan jarak garis lurus.
8. Kemudian *reclassify* yakni mereklasifikasi nilai raster.
9. Hasil *reclassify* dari struktur batuan dan *eruption center* dilakukan pembobotan pada parameter geologi menggunakan *weighted overlay*.
10. Setelah melakukan *import point* manifestasi panas bumi dikelompokkan menjadi empat jenis, yakni *fumarole/solfatara*, *mudpool*, *hotspring* dan *warmspring*.
11. Masing-masing jenis manifestasi di-*euclidean distance* yang gunanya menggambarkan hubungan setiap sel terhadap suatu sumber berdasarkan jarak garis lurus.
12. Kemudian *reclassify* yakni mereklasifikasi nilai raster.
13. Setelah di-*reclassify* dilakukan pembobotan pada parameter geokimia menggunakan *weighted overlay*.
14. Dari hasil digitasi resistivitas batuan diubah formatnya menjadi raster menggunakan *copy raster*.
15. Hasil *copy raster* resistivitas batuan di-*reclassify*
16. Dari hasil digitasi densitas batuan diubah formatnya menjadi raster menggunakan *copy raster*.
17. Hasil *copy raster* resistivitas batuan di-*reclassify*.
18. Dari hasil digitasi sebaran titik retakan (sesar aktif) *dieuclidean distance* guna menggambarkan hubungan setiap sel terhadap suatu sumber berdasarkan jarak garis lurus.
19. Hasil *reclassify* resistivitas batuan, densitas batuan, dan sebaran titik retakan dilakukan pembobotan pada parameter geofisika menggunakan *weighted overlay*.

20. Hasil *weighted overlay* parameter geologi, geokimia, dan geofisika dilakukan pembobotan kembali menggunakan *weighted overlay*.
21. Setelah dilakukan pembobotan tiga parameter geosains didapatkan daerah potensi panas bumi.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

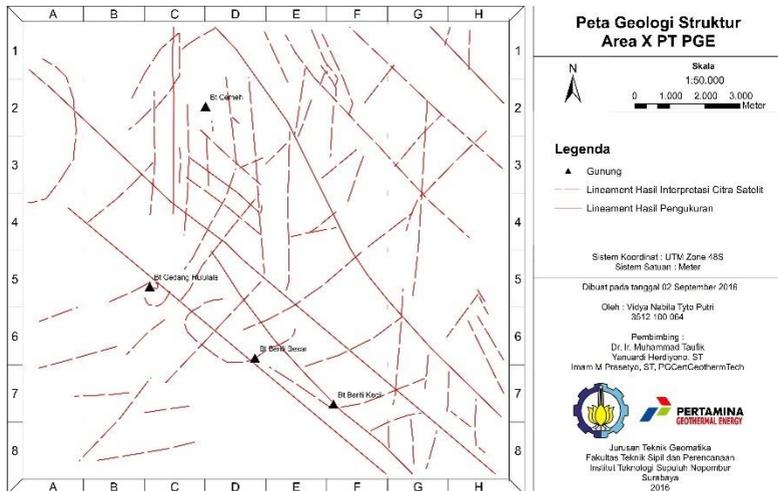
Pada bagian ini akan ditampilkan hasil serta analisa dari pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah potensi panas bumi.

4.1 Analisa Geologi

Analisa Geologi merupakan langkah awal dalam penentuan daerah potensi panas bumi, yang mana penentuannya bergantung dari struktur geologinya seperti patahan, sesar, rebahan, dan sebagainya. Dalam analisa geologi yang perlu dikaji adalah struktur geologi dan zona erupsi (*eruption center*) dari gunung yang ada di daerah tersebut.

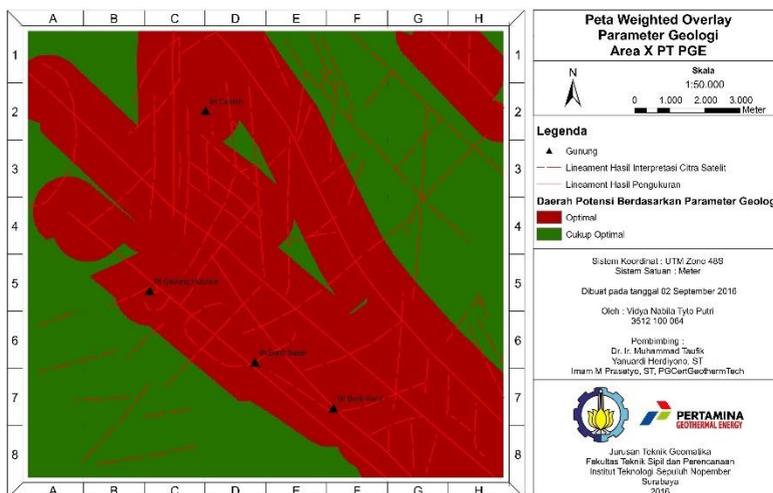
Dari peta geologi struktur didapatkan empat informasi yakni struktur geologi hasil interpretasi citra satelit, struktur geologi hasil pengukuran langsung di lapangan, letak gunung, dan jenis batuan vulkanik yang ada di daerah tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Berdasarkan pengalaman tim ahli geologi dari PT PGE, struktur geologi hasil pengukuran langsung di lapangan memiliki bobot penilaian sebesar 48% yang mana struktur ini merupakan bagian dari patahan sumatera (*sumatera fault*) yang aktif bergerak, sedangkan penarikan struktur hasil interpretasi citra satelit memiliki bobot 20%. Guna mengetahui zona erupsi dilakukan buffering pada zona kurang dari 8,5 km dari puncak gunung, hasil dari buffering ini memiliki bobot 32%.



Gambar 4. 1 Peta Geologi Struktur Daerah Hululais

Setelah didapatkan bobot masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan *overlay* berdasarkan porsi masing-masing bobot parameter (*weighted overlay*) tersebut. Dari hasil *weighted overlay* didapatkan area dengan dua kategori yakni optimal dan cukup optimal. Dimana zona yang memiliki kategori optimal merupakan zona yang berada di sekitar patahan sumatera (penarikan struktur hasil pengukuran langsung di lapangan), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geologi

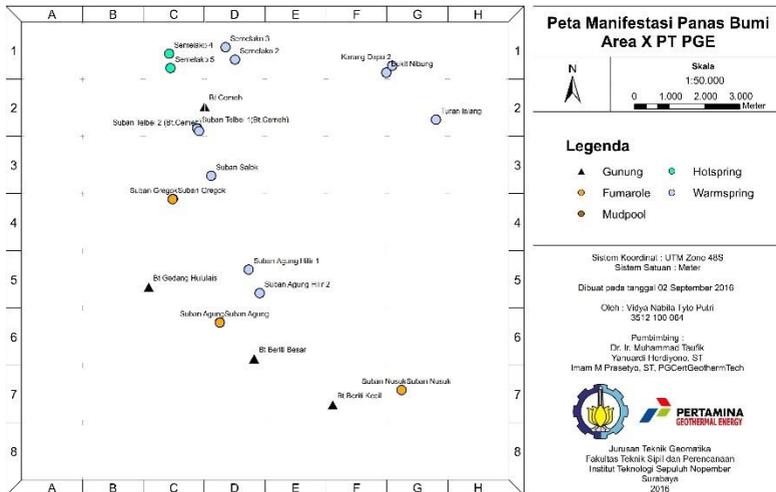
4.2 Analisa Geokimia

Langkah selanjutnya dalam penentuann daerah potensi panas bumi adalah menganalisa dari segi geokimia. Geokimia adalah ilmu yang menggunakan prinsip dan teknologi bidang kimia untuk menganalisa dan menjelaskan mekanisme di balik sistem geologi seperti kerak bumi dan lautan yang berada di atasnya. Dalam analisa geokimia yang perlu ditinjau lebih lanjut adalah manifestasi panas bumi yang ada di permukaan. Manifestasi adalah tanda-tanda alam yang nampak di permukaan tanah sebagai petunjuk awal adanya aktifitas panas bumi di bawah permukaan bumi.

Dari hasil pendataan manifestasi panas bumi didapatkan empat jenis manifestasi panas bumi yakni *fumarole/solfatara*, *mudpool*, *hot spring*, dan *warm spring*, untuk selanjutnya bisa dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.3.

Tabel 4. 1 Manifestasi Panas Bumi

Nama Manifestasi	Jenis Manifestasi	Temperatur (°C)
Suban Gregok	<i>Fumarol</i>	89,20
Suban Nusuk	<i>Fumarol</i>	90,10
Suban Agung	<i>Fumarol</i>	90,10
Suban Gregok	<i>Hotspring/ Mudpool</i>	72,40
Suban Nusuk	<i>Hotspring/ Mudpool</i>	64,20
Semelako 4	<i>Hot Spring</i>	71,00
Semelako 5	<i>Hot Spring</i>	75,00
Suban Agung	<i>Hot Spring</i>	93,20
Semelako 1	<i>Warm Spring</i>	39,80
Suban Salok	<i>Warm Spring</i>	39,80
Bukit Nibung	<i>Warm Spring</i>	40,90
Suban Telbei 1 (Bt. Cemeh)	<i>Warm Spring</i>	41,80
Suban Agung Hilir 1	<i>Warm Spring</i>	42,10
Karang Dapo 1	<i>Warm Spring</i>	43,10
Turan lalang	<i>Warm Spring</i>	43,70
Suban Telbei 2 (Bt. Cemeh)	<i>Warm Spring</i>	47,20
Semelako 3	<i>Warm Spring</i>	51,00
Karang Dapo 2	<i>Warm Spring</i>	54,50
Semelako 2	<i>Warm Spring</i>	55,90
Suban Agung Hilir 2	<i>Warm Spring</i>	56,70

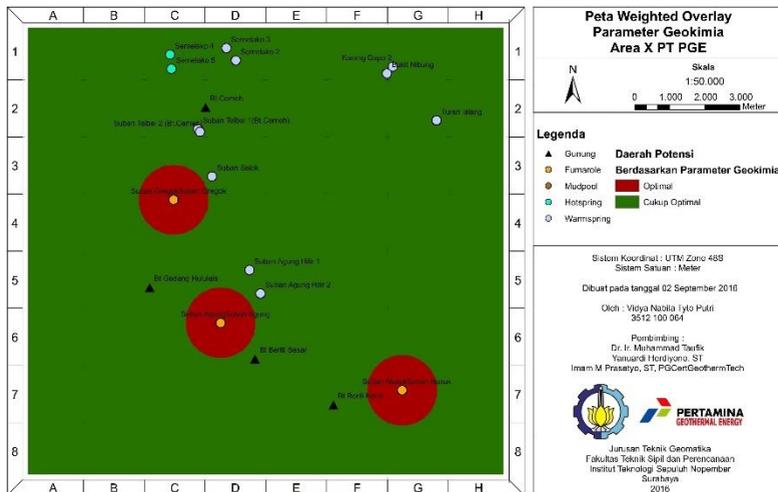


Gambar 4. 3 Peta Manifestasi Panas Bumi

Berdasarkan pengalaman tim ahli geokimia dari PT PGE, manifestasi panas bumi jenis *fumarole/solfatara* memiliki peranan penting dalam menentukan daerah potensi panas bumi sehingga jenis manifestasi ini memiliki bobot 38%. Selanjutnya, manifestasi yang memiliki peranan dalam penentuan daerah potensi panas bumi ialah *mudpool* dengan besaran bobot 29%. Kemudian terdapat jenis manifestasi yang berupa sumber mata air panas, sumber mata air panas ini dikelompokkan menjadi dua yakni *hot spring* dan *warm spring*. Dengan masing-masing memiliki bobot 19% dan 14%. Kriteria sumber mata air panas dikatakan *hot spring* yaitu temperaturnya diatas 60°C, sedangkan untuk *warm spring* dibawah 60°C.

Setelah didapatkan bobot masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan *overlay* berdasarkan porsi masing-masing bobot parameter (*weighted overlay*) tersebut. Dari hasil *weighted overlay* didapatkan area dengan dua kategori yakni optimal dan cukup optimal. Dimana zona yang memiliki kategori optimal

merupakan zona yang berada di dekat Suban Gregok dan Suban Agung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Suban Gregok dan Suban Nusuk merupakan manifestasi panas bumi jenis *fumarole/solfatara* yang memiliki bobot lebih dominan diantara yang lainnya.



Gambar 4. 4 Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geokimia

4.3 Analisa Geofisika

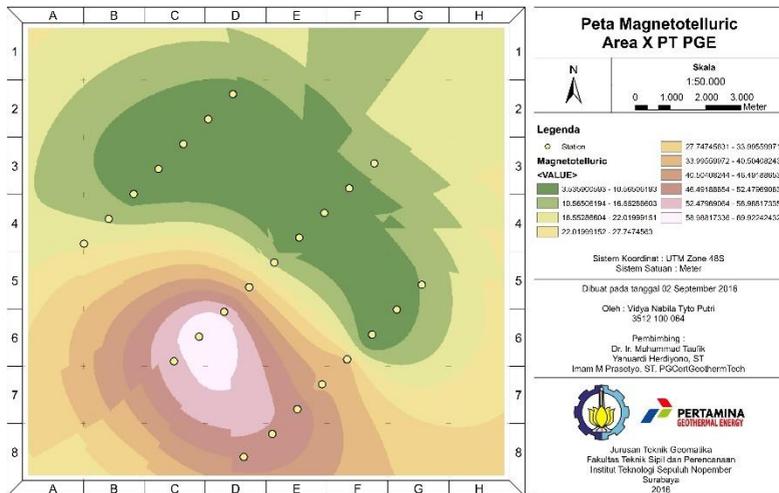
Langkah selanjutnya dalam penentuann daerah potensi panas bumi adalah menganalisa dari segi geofisika. Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horisontal.

Dalam analisa geofisika yang perlu ditelaah lebih lanjut adalah hasil pengukuran *magnetotelluric*, *gravity* dan *microearthquake*.

Berdasarkan pengalaman tim ahli geofisika dari PT PGE, Hasil pengukuran *magnetotelluric* menggambarkan resistivitas bawah permukaan batuan dan menyimpulkan kedalaman dan luasnya reservoir sumber panas dan panas bumi. Pada daerah ini resistivitas batuan yang sesuai untuk penentuan potensi panas bumi adalah 10-54 Ω dan memiliki bobot 50%, lebih jelasnya bisa dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.5.

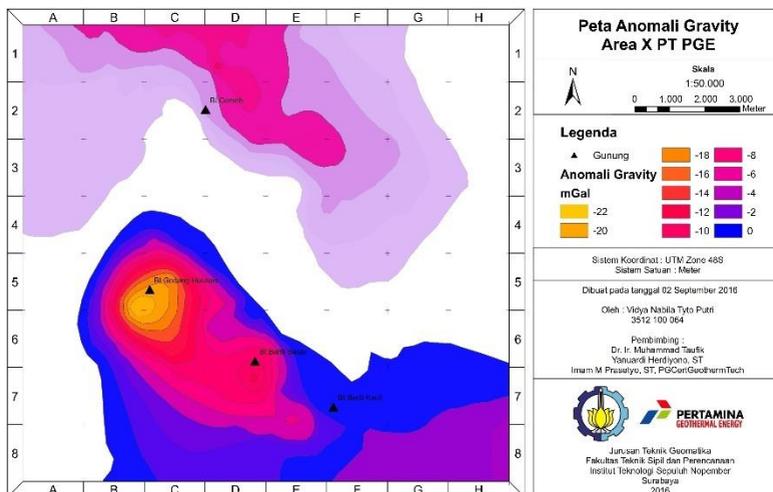
Tabel 4. 2 Tabel Titik Pengukuran *Magnetotelluric*

Titik Pengukuran MT	Tahanan Jenis (Ω)
A0	8
A1	10
A2	9
A3	4
C0	85
C1	85
C2	80
C3	85
E0	40
E1	45
E2	45
E3	45



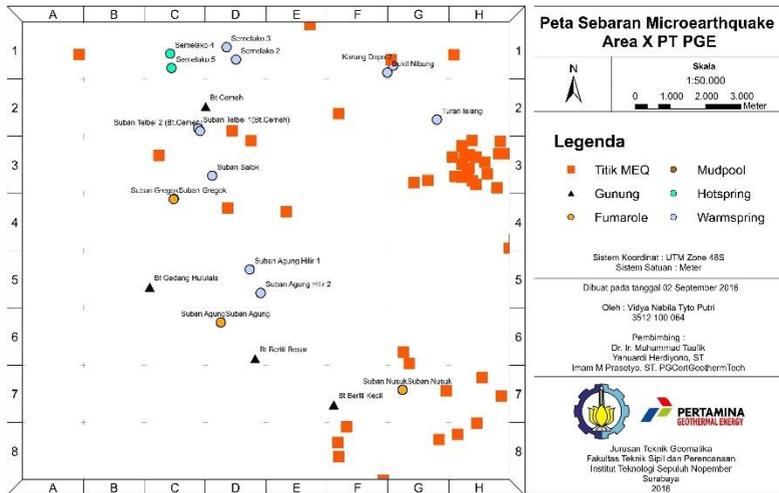
Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran *Magnetotelluric*

Dari hasil pengukuran *gravity* dapat diketahui beda variasi rapat massa suatu material terhadap lingkungannya. Pada daerah ini anomali yang sesuai untuk penentuan daerah potensi panas bumi adalah -22 hingga 0 mGal serta memiliki bobot 33%, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



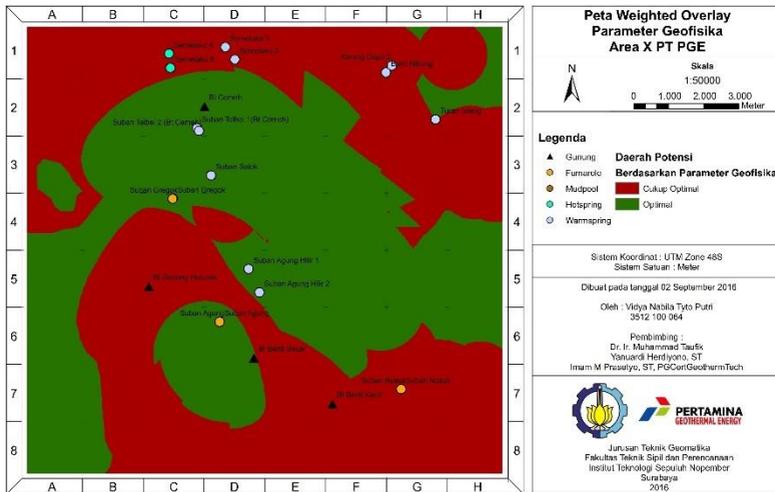
Gambar 4. 6 Hasil Pengukuran *Gravity*

Hasil pengukuran *microearthquake* (MEQ) untuk mengetahui sebaran retakan berpotensi (sesar aktif) yang mempunyai permeabilitas dan porositas tinggi yang nantinya menjadi bahan pertimbangan dalam pengeboran sumur. Hasil pengukuran *microearthquake* (MEQ) memiliki bobot 17%, dan ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Hasil Pengukuran *Microearthquake*

Setelah didapatkan bobot masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan overlay berdasarkan porsi masing-masing bobot parameter (weighted overlay) tersebut. Dari hasil weighted overlay didapatkan area dengan dua kategori yakni optimal dan cukup optimal. Dimana zona yang memiliki kategori optimal merupakan zona yang berada pada tahanan jenis 10-54 Ω dan memiliki densitas antara -22 hingga 0 mGal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geofisika

4.4 Analisa Geosains

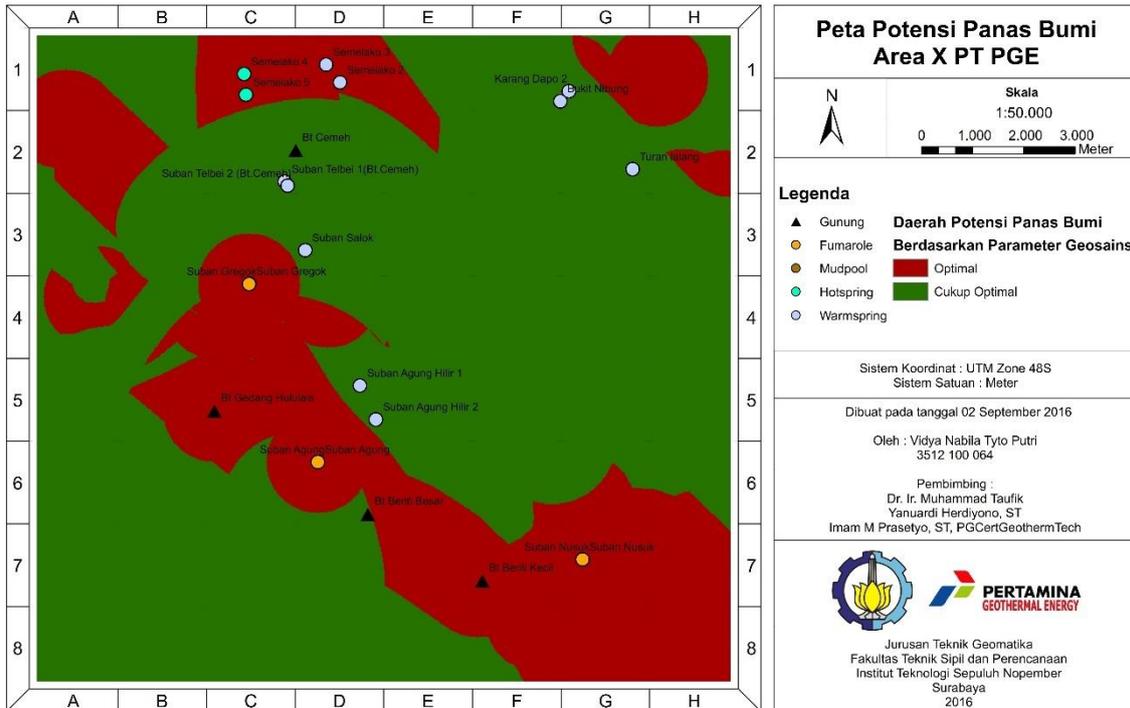
Geosains adalah kumpulan cabang-cabang ilmu yang mempelajari bumi. Cabang-cabang ilmu kebumihan yang digunakan dalam penentuan dan analisa daerah potensi panas bumi kali ini adalah geologi, geofisika, dan geokimia.

Setelah dilakukan *weighted overlay* antar elemen dimasing-masing parameter, langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan *overlay* berbobot kembali pada parameter-parameter tersebut.

Berdasarkan pengalaman tim ahli geosains dari PT PGE, data geologi memiliki peranan yang cukup besar yakni sebesar 40%, kemudian untuk data geokimia dan geofisika memiliki peranan yang sama sebagai pelengkap dan pendukung dalam menentukan dan menganalisa potensi panas bumi suatu daerah, sehingga masing-masing berbobot 30%.

Setelah didapatkan bobot masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan overlay berdasarkan porsi masing-masing bobot parameter (*weighted overlay*) tersebut. Dari hasil *weighted overlay* didapatkan area dengan dua kategori yakni optimal dan cukup optimal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Dimana zona yang memiliki kategori optimal merupakan zona yang berada pada struktur geologi utama yang berada di zona erupsi Gunung Bukit Gedang Hululais yang berdekatan dengan Suban Agung yang merupakan manifestasi panas bumi jenis *fumarole/solfatara* serta pada zona tersebut memiliki resistivitas batuan dengan kelas intermediate 10-54 Ω dan anomali yang rendah yakni -22 hingga 0 mGal.

Luas daerah untuk daerah optimal adalah 340,446 ha, sedangkan luas daerah yang cukup optimal adalah 1.568,234 ha.



Gambar 4. 9 Daerah Potensi Panas Bumi

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa penelitian tugas akhir yang telah di kemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dibobotkan didapatkan dua kelas, yakni optimal dan cukup optimal.
2. Luas daerah untuk daerah optimal adalah 340,446 ha, sedangkan luas daerah yang cukup optimal adalah 1568,234 ha.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian tugas akhir msaya adalah Metode *Spasial Multi Criteria Analysis* ini dapat membantu PT Pertamina Geothermal dalam menemukan daerah potensi panas bumi baru dengan menggunakan data-data geosains yang sudah ada dengan hanya membuat SIG yang sesuai dengan *conceptual model* masing-masing area.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Aronoff, S., 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Dalam: Ottawa: WDL Publication.

Badgley, P. C., 1965. *Structural and Tectonic Principles*. New York: Harper & Row.

Esri, 2016. *What is ModelBuilder?*. [Online] Available at: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm> [Diakses 05 Mei 2016].

Irwansyah, E., 2013. *Sistem Informasi Geografis : Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Yogyakarta: Digibooks.

Juanda, A. A., Wardhani, A. D. K. & Raharjo, I. B., 2015. *Microearthquake (MEQ) Investigation Reveals the Sumatran Fault System in Hululais Geothermal Field, Bengkulu, Indonesia*. Melbourne, International Geothermal Association.

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2003. *Penjelasan Atas Undang-Undang No 27 Tahun 2003 Tentang Panas Bumi*. [Online] Available at: http://psdg.bgl.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/uu_27_2003_penj.pdf [Diakses 2016].

Koestono, H. et al., 2015. *Hydrothermal Alteration Mineralogy of Well HLS-C, Hululais Geothermal Field, Bengkulu, Indonesia*. Melbourne, International Geothermal Association.

Noor, D., 2009. Geologi Struktur. In: *Pengantar Geologi*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala, p. 189.

Putri, F. R., 2013. *Febrina Putri*. [Online] Available at: <http://msp1142febrinaputri.blogspot.co.id/2013/04/sistem->

[informasi-geografi_11.html](#)

[Diakses 07 Mei 2016].

Raharjo, I. B., 2012. *Geophysical Signatures of Volcanohosted Geothermal Systems*, Salt Lake City: The University of Utah.

Robbany, I. F., 2014. *Analisa Potensi dan Penentuan Lokasi Power Plant Energi Panas Bumi pada Kawasan Gunung Lamongan Jawa Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Sastranegara, T., Nainggolan, S. S. & Raharjo, I. B., 2015. *The Application of a Triangular Mesh for Gravity Inversion to Reconstruct Subsurface Geological Structures in the Hululais Geothermal Prospect, Bengkulu*. Melbourne, International Geothermal Association.

Shako, L. & Mutua, J., 2012. *Geo-scientific Data Integration to Evaluate Geothermal Potential Using GIS (A Case for Korosi-Chepchuk Geothermal Prospects, Kenya)*. Nairobi, African Rift Geothermal Conference, p. 6.

Syaifullah, 2010. *Pengenalan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)*. p. 1.

Throckmorton, A. E., 2006. *Westminster College*. [Online] Available at:

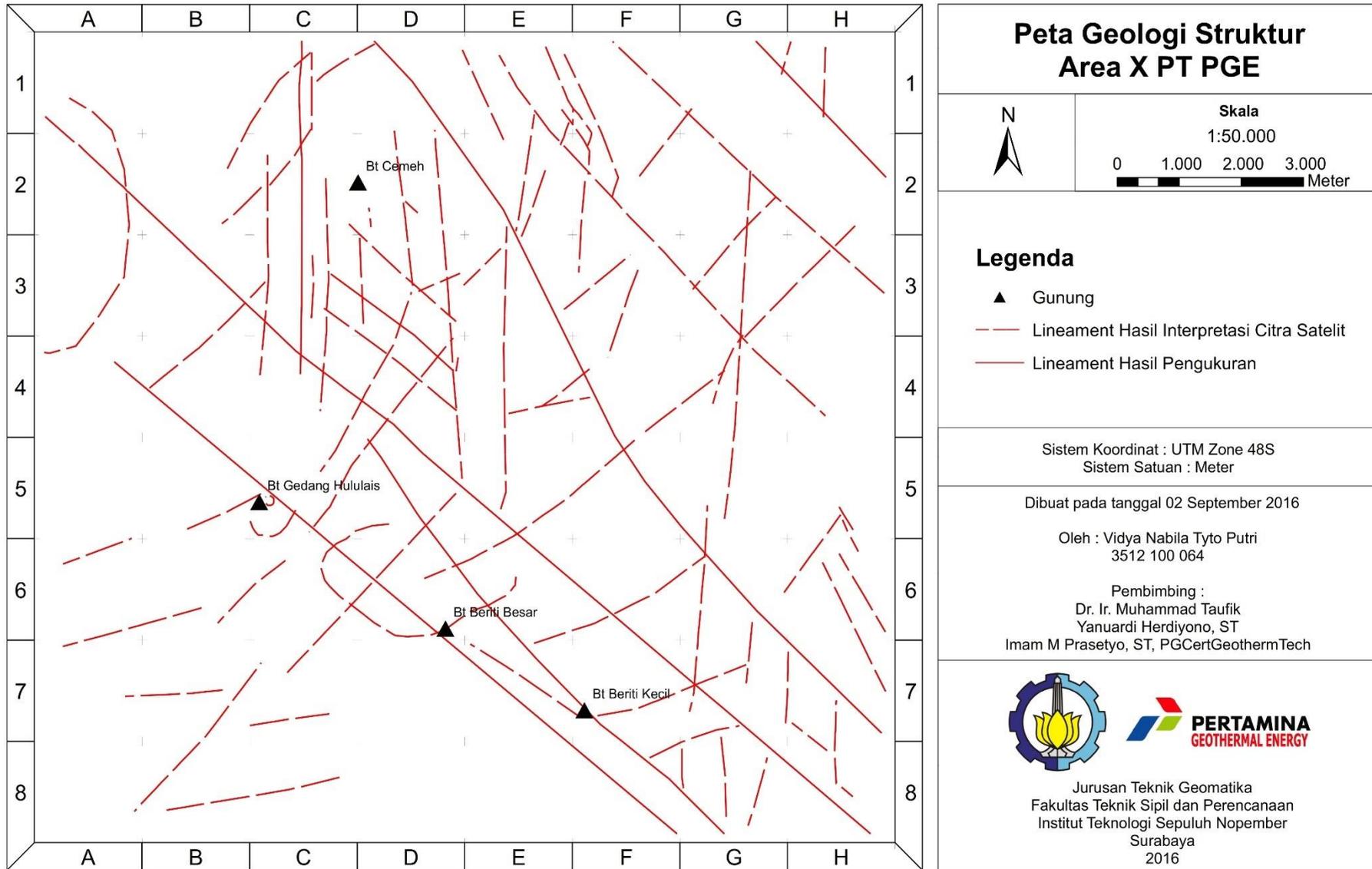
<http://www.westminster.edu/staff/athrock/GIS/GIS.pdf>

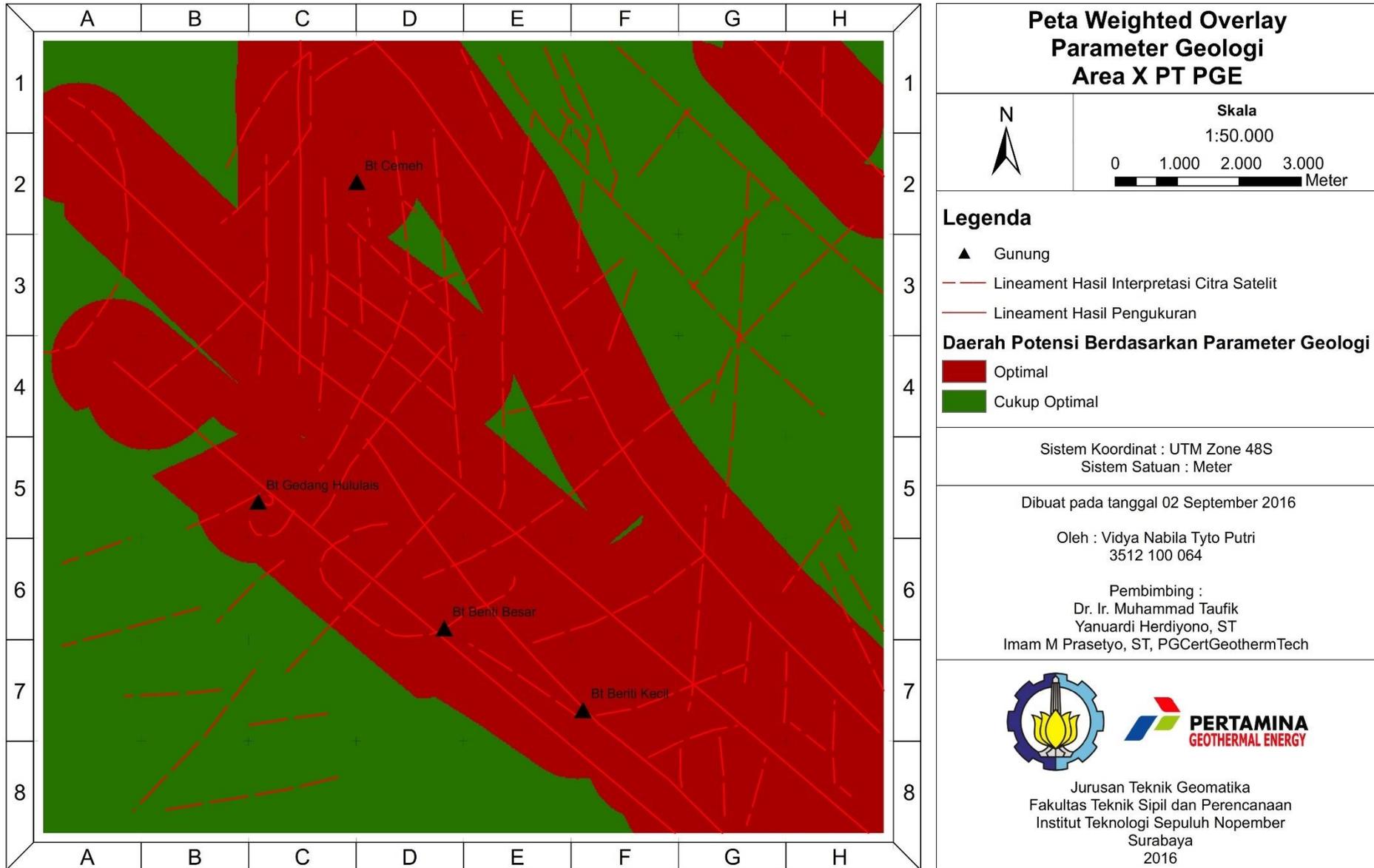
[Diakses 05 Mei 2016].

Wahyuningsih, R., 2005. *Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi di Indonesia. Kolokium Hasil Lapangan*, pp. 1-1.

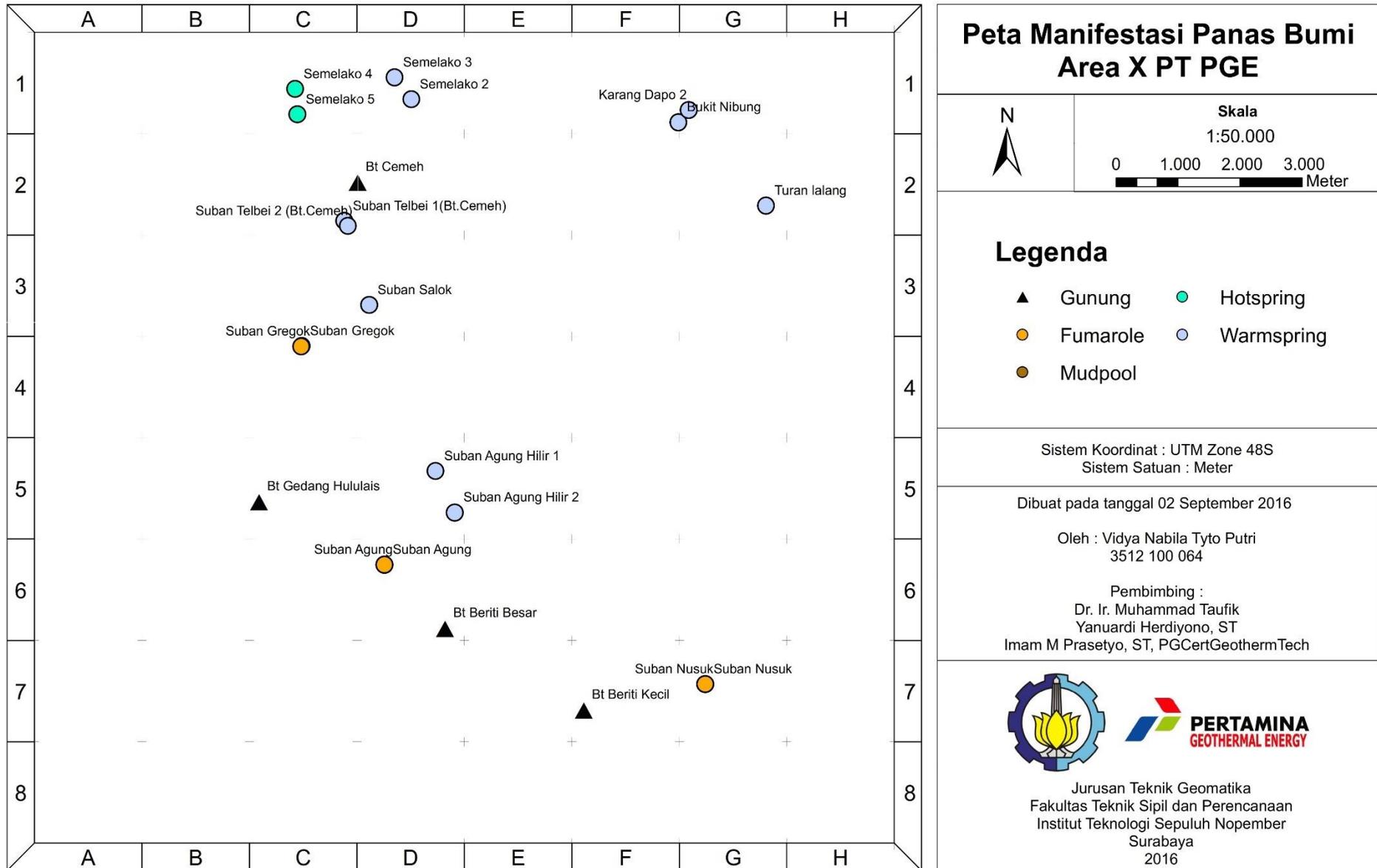
LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Geologi Struktur



Lampiran 2 Peta Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geologi

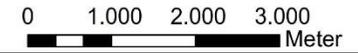
Lampiran 3 Peta Manifestasi Panas Bumi



Peta Manifestasi Panas Bumi Area X PT PGE



Skala
1:50.000



Legenda

- ▲ Gunung
- Hotspring
- Fumarole
- Warmspring
- Mudpool

Sistem Koordinat : UTM Zone 48S
Sistem Satuan : Meter

Dibuat pada tanggal 02 September 2016

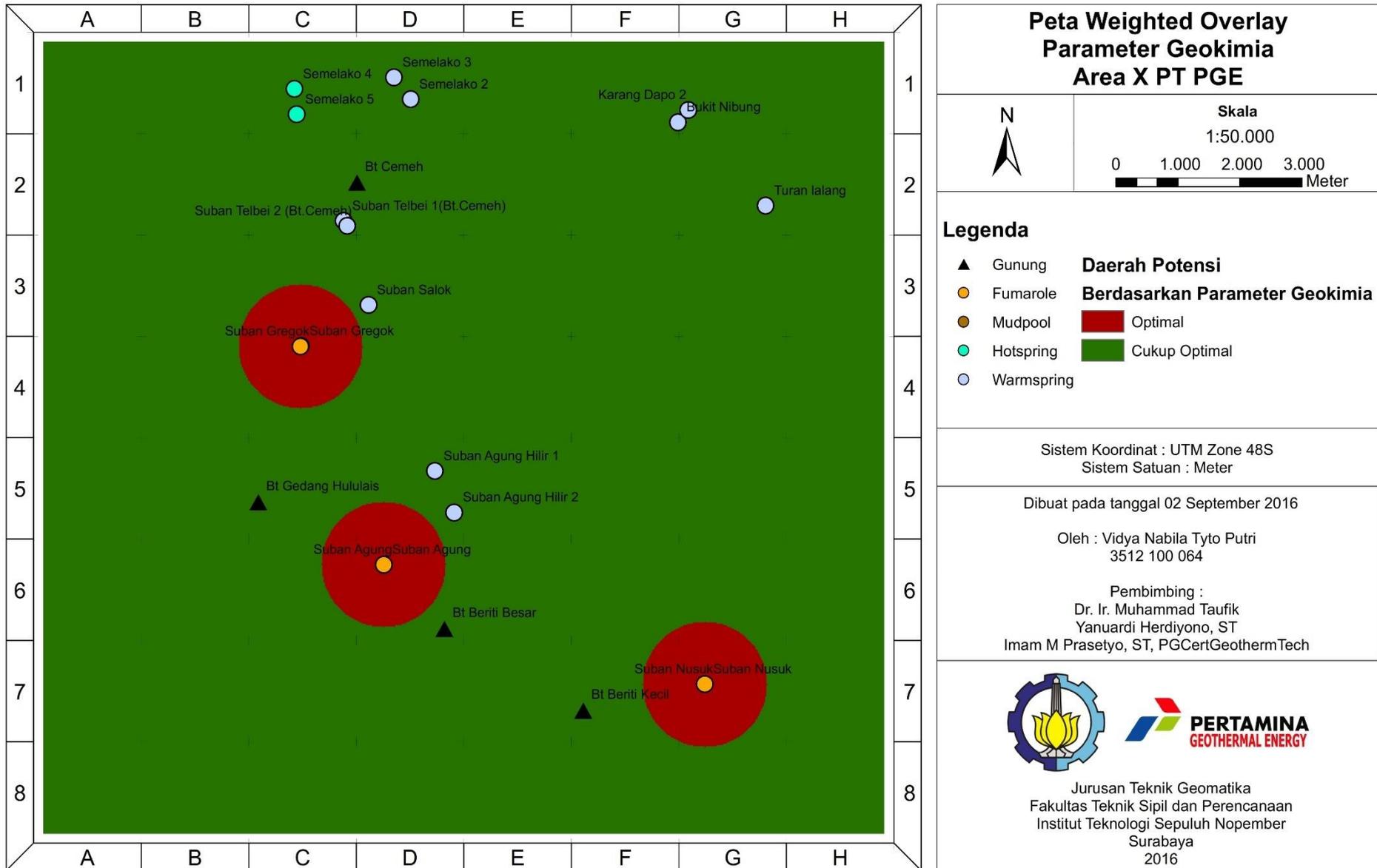
Oleh : Vidya Nabila Tyto Putri
3512 100 064

Pembimbing :
Dr. Ir. Muhammad Taufik
Yanuardi Herdiyono, ST
Imam M Prasetyo, ST, PGCertGeothermTech

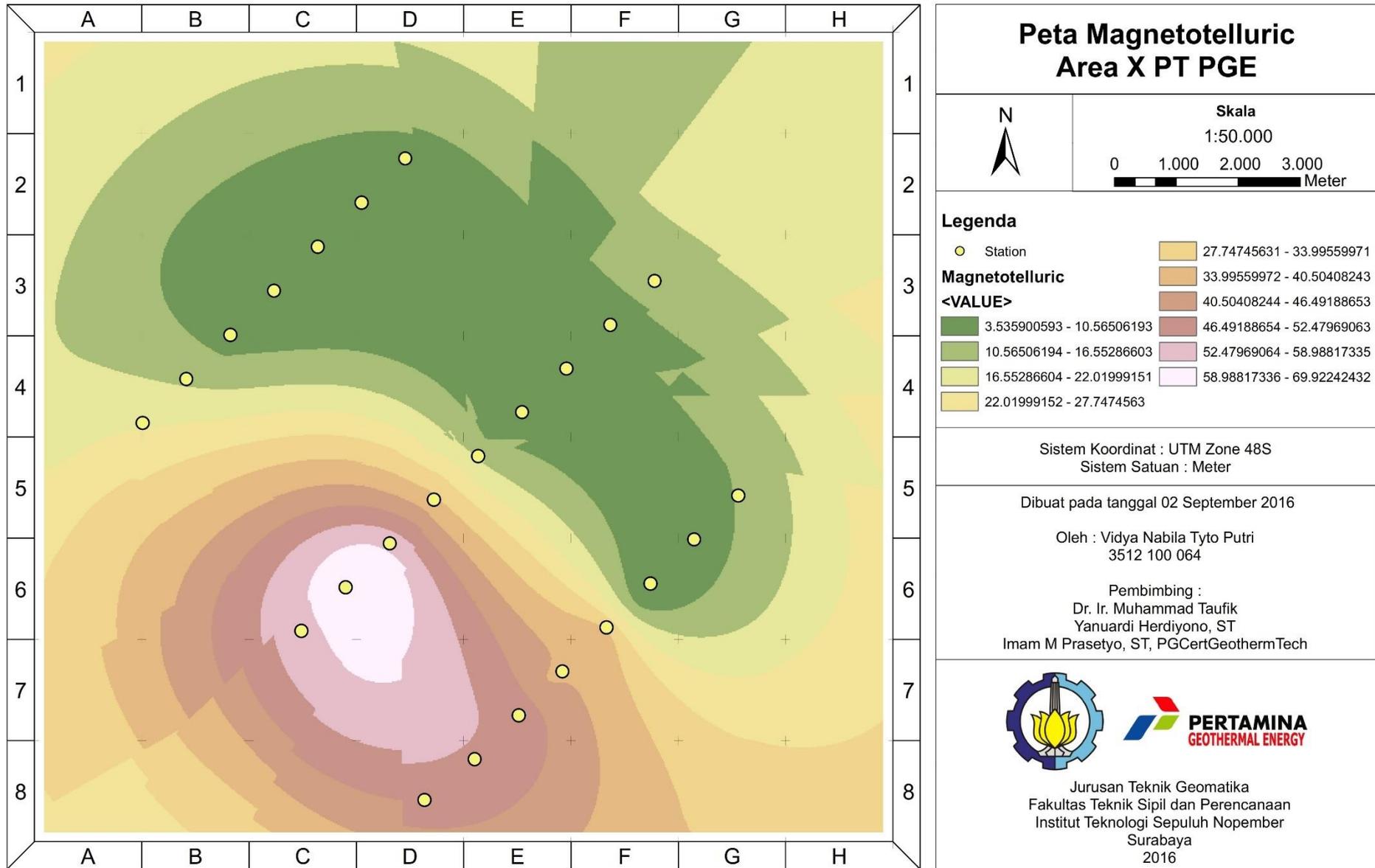


Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

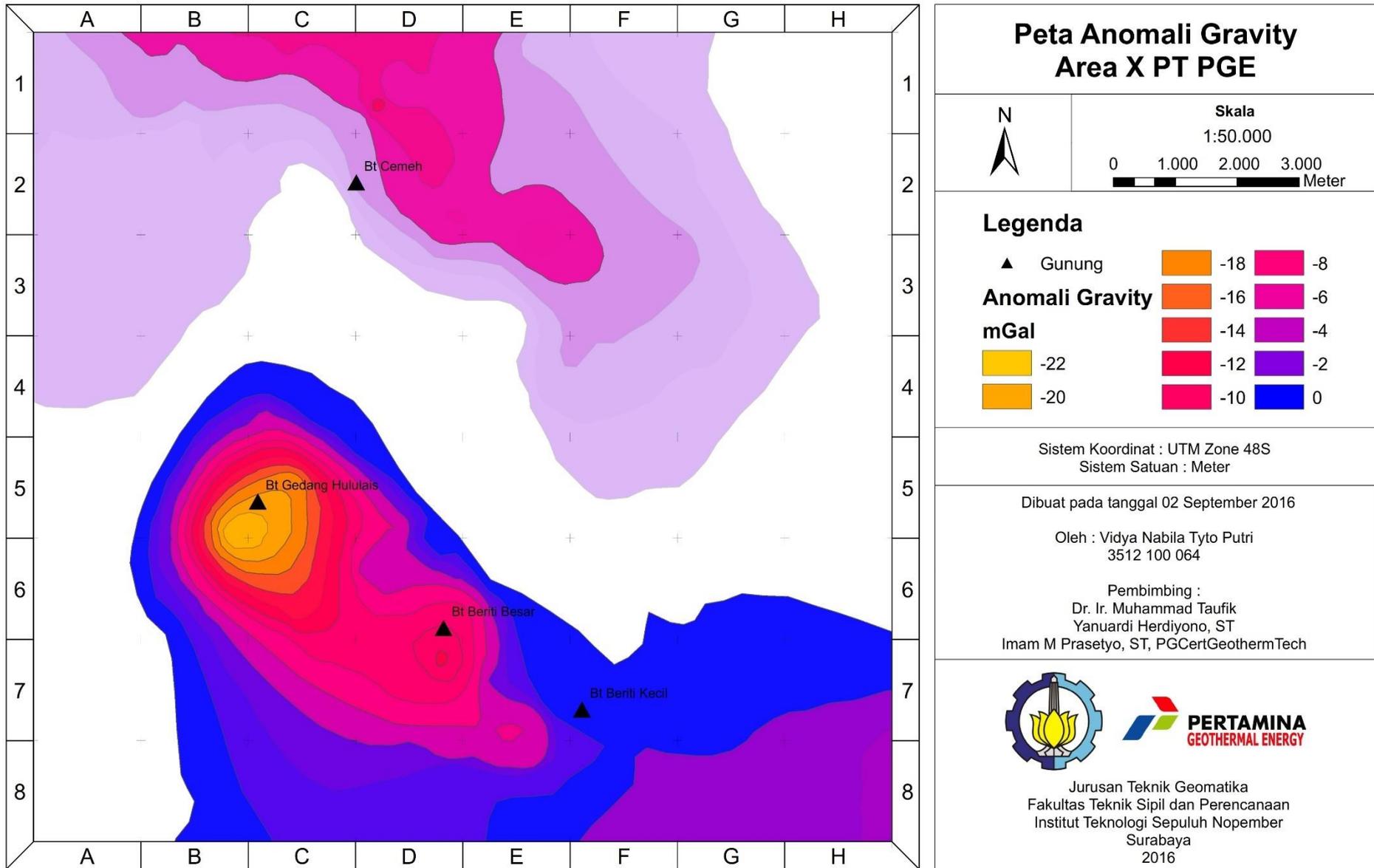
Lampiran 4 Peta Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geokimia



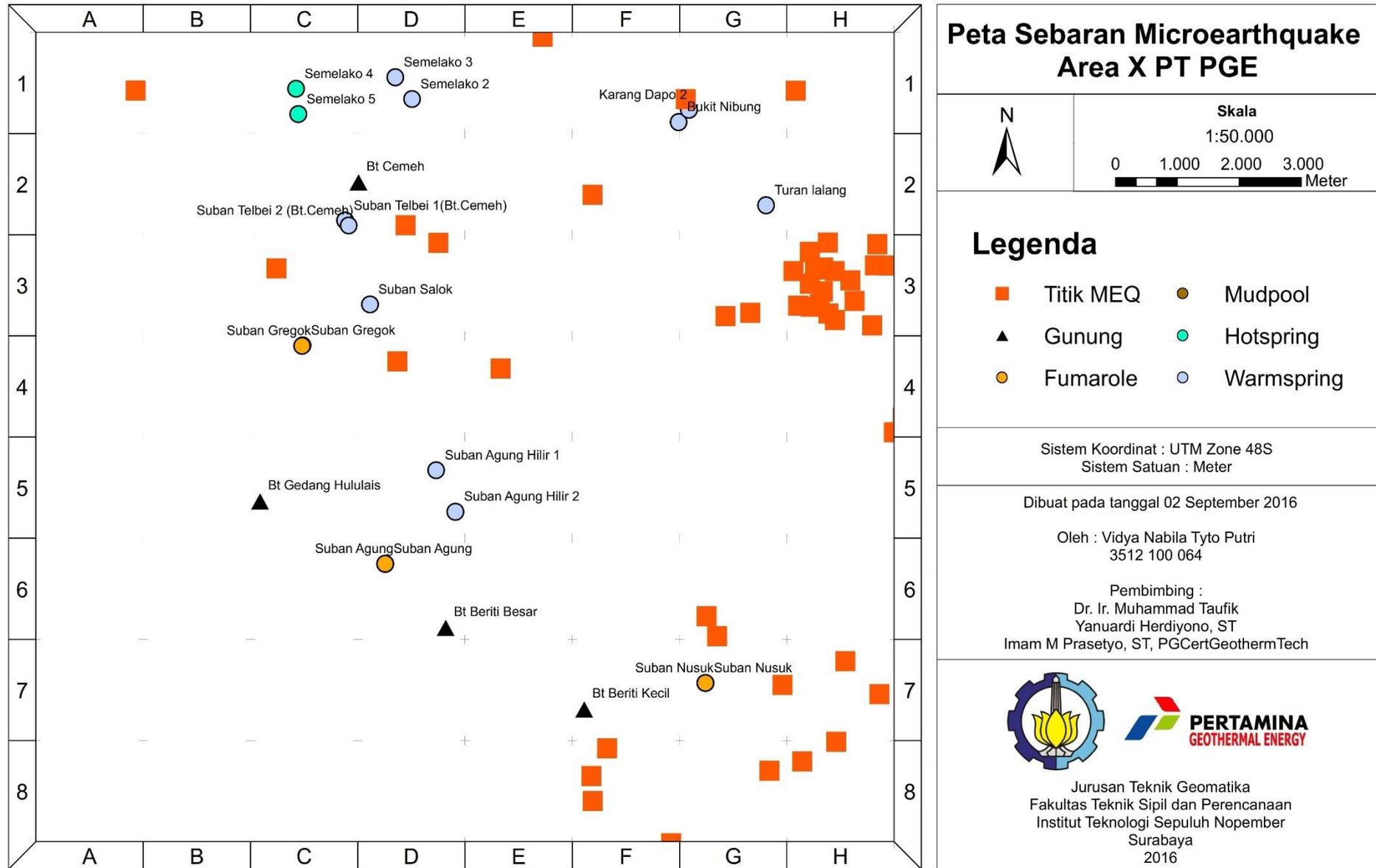
Lampiran 5 Peta Hasil Pengukuran *Magnetotelluric*



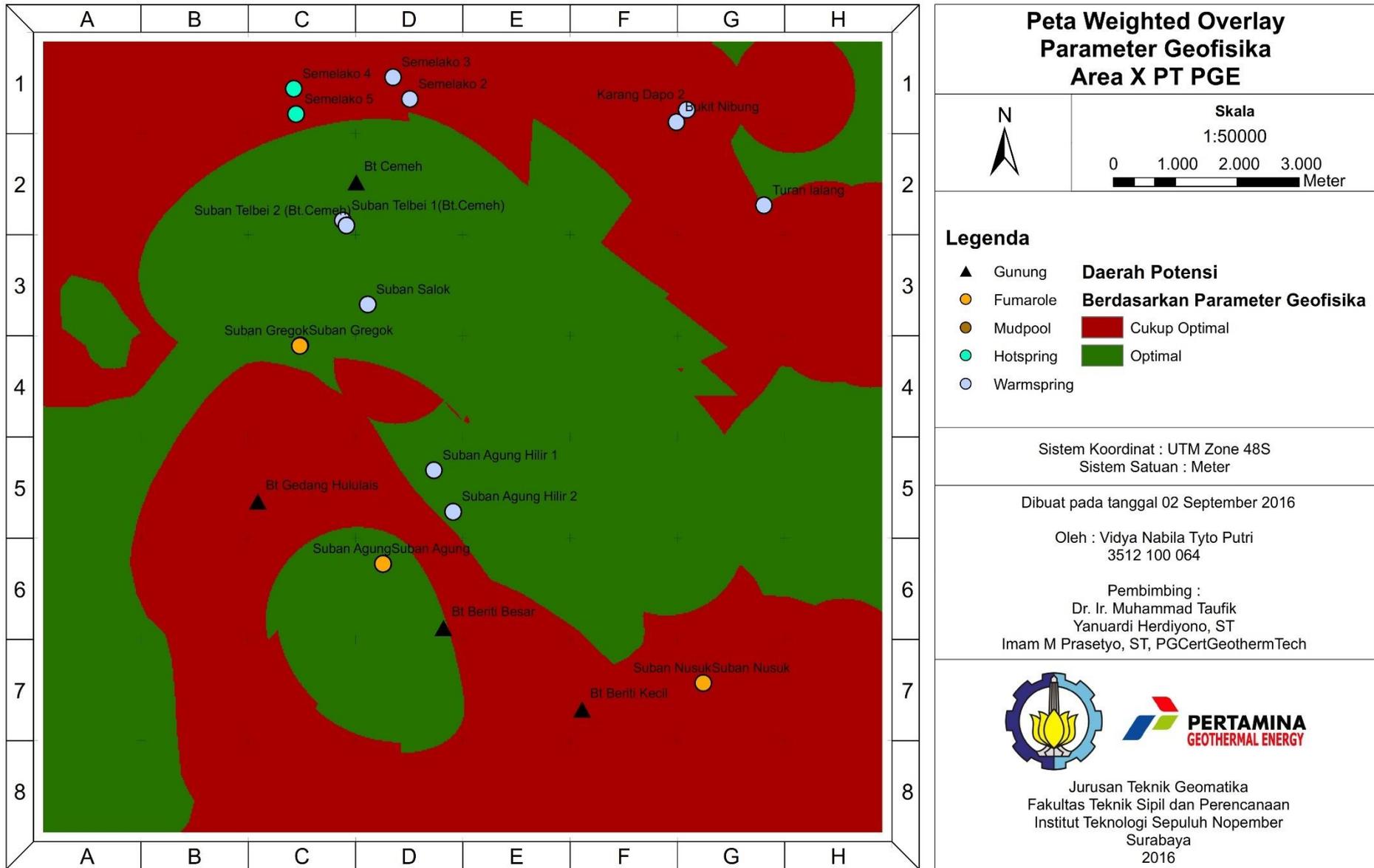
Lampiran 6 Peta Hasil Pengukuran Gravity



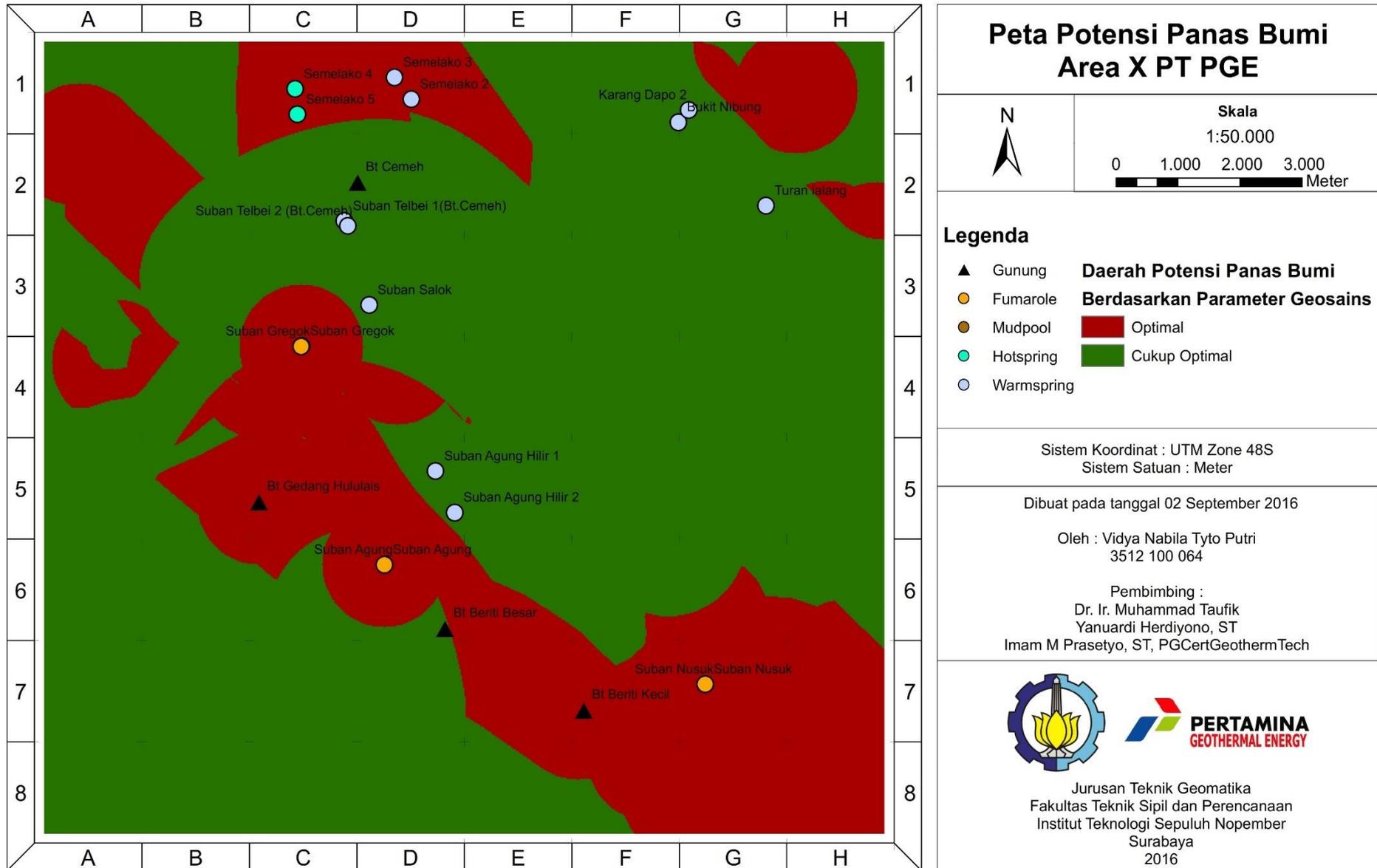
Lampiran 7 Peta Sebaran *Microearthquake*



Lampiran 8 Peta Hasil *Weighted Overlay* Parameter Geofisika



Lampiran 9 Peta Daerah Potensi Panas Bumi



“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 30 April, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Nahdlatul Ulama 1 Gresik kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Gresik, dan SMA Negeri 2 Kota Bekasi. Penulis melanjutkan kuliah sarjananya di Teknik Geomatika – FTSP, ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3512 100 064. Selama kuliah di Teknik Geomatika penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan

kampus dan kepanitiaan. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT Pertamina Geothermal Energy Jakarta untuk membuat Pemodelan *Geodatabase* dan Pembuatan *WebGIS Steamfield – Power Plant* PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang Unit IV. Di akhir tahun 2015, penulis menjadi salah satu tim peneliti dosen Teknik Geomatika yaitu Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik. Di akhir masa studi sarjananya penulis melakukan sebuah penelitian di PT Pertamina Geothermal Energy Jakarta dengan judul **“ANALISA DAERAH POTENSI PANAS BUMI BERDASARKAN PARAMETER GEOSAINS MENGGUNAKAN METODE SPATIAL MUTI CRITERIA ANALYSIS (SMCA)”**.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”