



UNIVERSITAS INDONESIA

SEBARAN MATA AIR PANAS DI KABUPATEN SERANG

SKRIPSI

UNAYA FITRIANTY

0806328814

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI GEOGRAFI

DEPOK

2012



UNIVERSITAS INDONESIA

SEBARAN MATA AIR PANAS DI KABUPATEN SERANG
Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelas Sarjana Sains

SKRIPSI

UNAYA FITRIANTY

0806328814

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI GEOGRAFI

DEPOK

2012

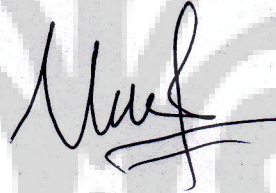
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Unaya Fitrianty

NPM : 0806328814

Tanda Tangan :



Tanggal : 17 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Unaya Fitrianty
NPM : 0806328814
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Sebaran Mata Air Panas di Kabupaten Serang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

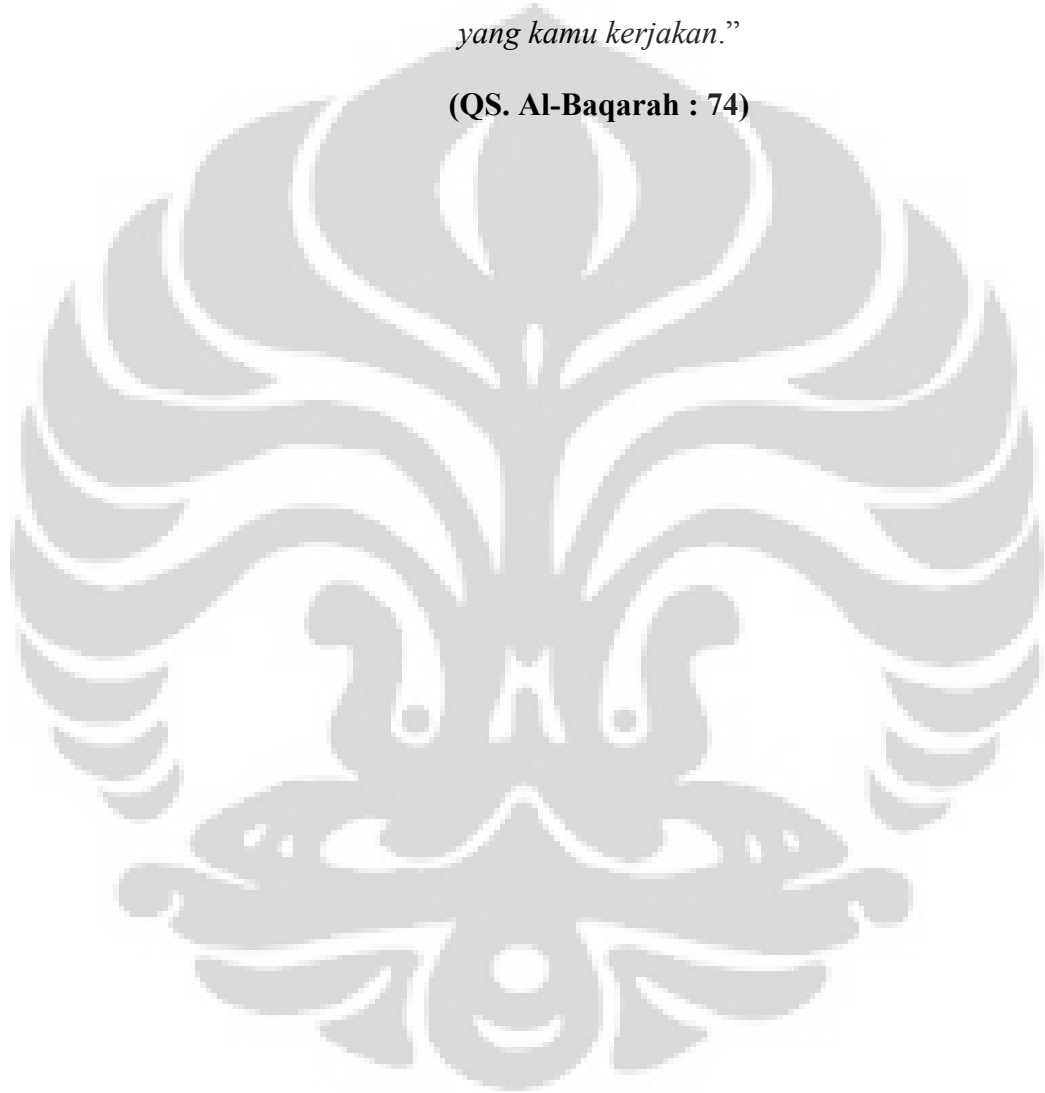
Ketua Sidang : Dr. Djoko Harmantyo, M.S ()
Pembimbing I : Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, M.S ()
Pembimbing II : Drs. Frans Sitanala, M.S ()
Penguji I : Drs. Sobirin, M.Si ()
Penguji II : Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Juli 2012

“ . . . diantara batu-batu itu sungguh ada yang mengalir sungai-sungai dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang meluncur jatuh, karena takut kepada Allah. Dan Allah sekali-sekali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan.”

(QS. Al-Baqarah : 74)



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabbi'l'amin, puji sukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan kasih sayangNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini . penulis sangat berterimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, motivasi, dukungan, dan harapan demi terselesaikannya penelitian ini. Semoga rahmat Allah senantiasa tercurah kepada kita semua dan Allah memberikan kita balasan kebaikan dengan suatu kebaikan yang lebih besar lagi. Amin..

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.rer nat. Eko Kusratmoko, MS dan Drs. Frans Sitanala, MS selaku pembimbing I dan II yang telah memberikan banyak inspirasi, motivasi, serta masukan-masukan yang sangat bermanfaat demi terselesaikannya penelitian ini. Dan peneliti dapat menyelesaikan dengan baik.
2. Drs. Tjiong Giok Pin Msi, Mkom dan Drs. Djoko Harmantyo, M.si selaku penguji I dan II yang telah memberikan banyak koreksi dan masukan dalam membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Sahabatku Winda Amelia Amin Spd, sahabatku tercinta yang telah banyak mengorbankan tenaga dan waktu untuk membantu dalam proses survey lapangan yang cukup menyita perhatian. Terimakasih, hanya Allah saja yang mampu membalas kebaikanmu.
4. Ayah dan ibuku tercinta yang selalu memberikan semangat dan dukungan moril dan materil demi terselesaikannya penelitian ini. Banyak hal yang tak mampu dilakukan oleh orang lain untuk saya. Tapi ayah dan ibu adalah luar biasa.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membalas kebaikan seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Penulis menyadari bahwaskripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan skripsi dan karya tulis penulis kedepannya.

Depok, 17 Juli 2012

Unaya Fitrianty

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Unaya Fitrianty
NPM : 0806328814
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

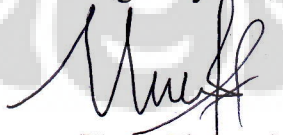
SEBARAN MATA AIR PANAS DI KABUPATEN SERANG

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Juli 2012

Yang menyatakan


(Unaya Fitrianty)

ABSTRAK

Nama : Unaya Fitrianty
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Sebaran Mata Air Panas di Kabupaten Serang, Banten

Di Wilayah Kabupaten Serang, terdapat lokasi-lokasi ditemukannya manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Wilayah penelitian meliputi 4 kecamatan di Kabupaten Serang bagian selatan. Wilayah penelitian secara umum didominasi oleh satuan perbukitan dan satuan dataran danau. Satuan Dataran Danau yang merupakan bentukan kaldera Cidanau yang diakibatkan oleh depresi volcano tektonik. Air panas yang muncul di wilayah penelitian ini berasal dari proses volkano-magmatik. Asal air panas adalah air meteorik yang mengalami pemanasan, tanpa proses pencampuran dengan fluida magmatik atau air laut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis keruangan dengan variabel geologi (litologi dan struktur geologi) dan geokimia (pH dan tipe anion) dalam menghubungkan sebab kemunculan mataair panas di wilayah penelitian, serta statistik uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara tinggi rendahnya suhu mata air panas dengan jarak antara mataair panas yang ditemui dengan patahan/ lipatan di wilayah penelitian. Terdapat pola sebaran random pada setiap kelas pengelompokkan. Sebaran mata air panas di wilayah penelitian sebagian besar terdapat di kecamatan Padarincang dengan pola mengumpul dan membentuk deretan mata air panas dari gunung Pandil Raung di selatan sampai ke utara mendekati Cidanau. Sebagian lagi tersebar di tepi dan tengah Cidanau.

Kata kunci : Mata air panas, struktur geologi, geokimia, Cidanau

xvi + 58 halaman, 15 gambar, 7 tabel, 8 peta

Daftar pustaka : 21 (1949 – 2007)

ABSTRACT

Name : Unaya Fitrianty
Study Program : Geography
Thesis Title : Distribution of Hot Springs in Serang, Banten

Serang Territory, there are the locations of geothermal manifestations in the form of the discovery of hot springs. The study area includes four districts in southern attack. The study area generally dominated by hills and lake plains units. Lake Plain which is a unit of the caldera formation Cidanau caused by the volcano tectonic depression. Hot water that appears in the study area came from the volcano-magmatic processes. Origin of the hot water is meteoric water heated, without due process of mixing with magmatic fluids or sea water. The method used in this study is the method of spatial analysis with variable geology (lithology and geological structure) and geochemical (pH and type of anion) in appearance connecting for hot springs in the study area, as well as the statistical correlation test to determine the correlation between high and low temperature springs heat to the distance between the hot springs are found in fault / fold in the research area. There is a random distribution patterns in each class grouping. Distribution of hot springs in the study area mostly contained in sub Padarincang to clump together and form a pattern of rows of the hot springs of the mountain Pandil Raung in the south up to north near Cidanau. Others are scattered at the edge and center Cidanau.

Key words : Hot springs, structural geology, geochemistry, Cidanau

xvi + 58 pages, 15 pictures, 7 tables, 8 maps

References: 21 (1949 - 2007)

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	2
I.2 Tujuan Penelitaian	2
I.3 Rumusan Masalah	2
I.4 Batasan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Mata Air Panas (<i>Hot spring</i>).....	5
II.2 Karakteristik Hidrotermal	5
II.3 Kondisi Geologi.....	8
II.3.1 Struktur Geologi	8
II.3.2 Gunung Api	12
II.3.3 Litologi.....	13
II.4 Geokimia mata air panas	15
II.4.1 Klasifikasi tipe anion mata air panas	18
II.4.2 pH (<i>Potential of Hydrogen</i>)	19
II.4.3 Temperatur.....	19
II.5 Potensi Mata Air Panas	20
II.6 Penelitan Sebelumnya.....	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Alur Pikir Penelitian	23
III.2 Lokasi Penelitian	24
III.3 Variabel Penelitian	24

III.4 Pengumpulan Data.....	25
III.5 Pengolahan Data.....	27
III.6 Analisis Data	28
III.6.1 Analisis Deskriptif	28
III.6.2 Analisis Statistik	29
IV. FAKTA WILAYAH	32
IV.1 Lokasi Penelitian	32
IV.2 Fisik Wilayah	33
IV.2.1 Morfologi Wilayah Penelitian	33
IV.2.2 Geologi.....	34
IV.2.2.1 Litologi.....	34
IV.2.2 Struktur Geologi	36
IV.2.3 Stratigrafi.....	38
IV.2.4 Hidrogeologi	39
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
V.1 Karakteristik lokasi mata air panas di wilayah penelitian	42
V.2 Karakteristik Kimia Mata air Panas.....	42
V.2.1 pH.....	36
V.2.1.1 Mata Air Panas dan Jenis Batuan.....	36
V.2.1.2 Tipe Anion Mata Air Panas	44
V.2.2.2 Temperatur Mata Air Panas dengan struktur geologi	48
VI. KESIMPULAN	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan	33
Tabel 4.3 Jenis Batuan Wilayah Penelitian	35
Tabel 5.2 Hubungan pH mata air panas dengan jenis batuan.....	43
Tabel 5.3 Nilai pH rata-rata dengan jenis batuan.....	46
Tabel 5.4 Karakteristik Kimia Mata Air Panas	54
Tabel 5.4 Hubungan Mata Air Panas dengan Geologi.....	43
Tabel 5.5 Suhu Rata-rata Mataair Panas dan Asosiasi Jarak dengan Patahan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Sistem Geotermal.	7
Gambar 2.2 Sesar normal	9
Gambar 2.3 Sesar naik	10
Gambar 2.4 Sesar geser	10
Gambar 2.5 Mata air muncul dari zona patahan.....	11
Gambar 2.6 Siklus batuan.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alur Pikir Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Diagram alur kerja penelitian	28
Gambar 4.1 Model umum sistem panasbumi di daerah Cidanau dan sekitarnya.	40
Gambar 5.1 Presentase pH mataair panas di wilayah penelitian	44
Gambar 5.2 Presentase Mataair Panas terhadap Jenis Batuan	47
Gambar 5.3 Presentase Mataair Panas terhadap jarak dengan patahan.....	49
Gambar 5.4 Presentase Temperatur Mata air panas	50
Gambar 5.5 Korelasi suhu mata air panas dengan jarak dari patahan.....	51
Gambar 5.6 Korelasi suhu mata air panas dengan jarak dari gunung api.	53

DAFTAR PETA

Peta 1	Wilayah Penelitian
Peta 2	Lokasi Sampel
Peta 3	Litologi Wilayah Penelitian
Peta 4	Struktur Geologi Wilayah Penelitian
Peta 5	Lokasi Berdasarkan Geologi
Peta 6	pH Berdasarkan Litologi
Peta 7	Suhu Berdasarkan Struktur Geologi
Peta 8	Titik Sampel Anion Bikarbonat

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber alam, pengertian sumber berarti terdapatnya cadangan yang dapat dicari dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Air mempunyai kegunaan yang unik sebagai sumber penghidupan manusia dengan berbagai keperluannya, bervariasi tergantung kepada macam air yang didapat dari sumbernya. Dalam hal ini adalah sumber air panas yang muncul ke permukaan yang keberadaannya dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan.

Sejak jaman dahulu manusia telah memanfaatkan air panas yang muncul ke permukaan melalui mata air panas. Mata air panas pada awalnya hanya dimanfaatkan untuk bersantai dalam air hangat, namun pada perkembangannya air tersebut dimanfaatkan secara lebih kreatif. Masyarakat Romawi menggunakan mata air panas untuk mengobati mata dan kulit, serta memanaskan bangunan. Penduduk asli Amerika sejak jaman dahulu telah memanfaatkan air ini untuk kebutuhan memasak dan pengobatan. Berabad-abad suku Maori di New Zealand memasak makanan dengan memanfaatkan air panas yang dihasilkan dari mata air, dan masyarakat di Perancis telah memanfaatkan air panas untuk menghangatkan rumah. (Wahyudi, 2006)

Sumber mata air panas merupakan salah satu dari manifestasi energi panas bumi. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki, energi panas bumi dapat dimanfaatkan secara langsung maupun tidak langsung dalam rangka optimalisasi pemanfaatan energi panas bumi, pemanfaatan langsung (*direct use*) dapat dikembangkan bersamaan dengan pengembangan panas bumi untuk tenaga listrik. Air panas atau uap yang dihasilkan dari manifestasi mata air panas dan fumarola dapat dimanfaatkan secara langsung, misalnya untuk pemandian air panas, kolam renang, daerah wisata, pemanfaatan untuk pertanian seperti pengeringan produk pertanian, budidaya perikanan, pemanas ruangan, bahkan sebagai pembangkit energi listrik.

Di Wilayah Kabupaten Serang, terdapat lokasi-lokasi ditemukannya manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Sebagai potensi daerah, sejauh ini belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat maupun pemerintah setempat. Walaupun sebagian sudah dimanfaatkan sebagai tempat pariwisata pemandian air panas, namun masih ada sebagian besar diantaranya belum dimanfaatkan secara optimal. Ada sekitar 28 titik mata air panas di Kabupaten Serang yang masing – masing tersebar di berbagai lokasi. Dengan suhu air yang bervariasi. lokasi-lokasi ini umumnya ditemukan berasosiasi dengan gunung api dan struktur geologi. Persebaran sumber mata air panas di dasarkan kepada geologi dan geokimia.

Dengan menggunakan pendekatan geografis, maka akan dianalisis bagaimana sebaran sumber mata air panas ditinjau dari geologi wilayah dan sifat kimia mata air panas.

I.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persebaran mata air panas pada empat kecamatan di Kabupaten Serang serta asosiasi antara persebaran lokasi sumber mata air panas dengan karakter fisik wilayah dan dikaji dengan disiplin ilmu geologi serta hubungannya dengan karakter sifat kimia suatu mata air panas yang dikaji dengan disiplin ilmu geokimia.

I.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana persebaran mata air panas yang diklasifikasikan berdasarkan karakteristik geologi dan geokimia di Kabupaten Serang?
2. Bagaimana hubungan antara persebaran lokasi sumber mata air panas ditinjau dari kondisi geologi dan sifat kimia mata air panas?
3. Bagaimana hubungan antara temperatur mata air panas dengan jarak dari patahan (*fault*) ?

I.4 Batasan Penelitian

1. Mata air panas yang dibahas dalam penelitian ini adalah air yang keluar dari mata air panas dipanaskan oleh geotermal (panas bumi)
2. Kabupaten Serang dalam penelitian ini meliputi 4 Kecamatan, antara lain ; Kecamatan Padarincang, Kecamatan Mancak, Kecamatan Pabuaran, dan Kecamatan Cinangka.
3. Kondisi geologi yang dimaksud adalah dilihat dari litologi dan struktur geologi berupa patahan di wilayah penelitian.
4. Sifat kimia mata air panas yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah berdasarkan komposisi fluida, yaitu konsentrasi anion-anion klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-), pH, dan temperatur air panas ($^{\circ}\text{C}$).
5. Temperatur adalah suhu yang terdapat pada titik-titik mata air panas tanpa terpengaruh oleh lingkungan sekitarnya.
6. Jarak dalam penelitian ini adalah jarak absolut antara titik mata air panas dengan struktur geologi yang diukur dalam satuan meter.
7. Persebaran yang dimaksud adalah persebaran lokasi mata air panas yang muncul di permukaan ditinjau dari kondisi geologi dan geokimia.

I.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukan penelitian ini maka akan dapat diketahui potensi-potensi dari mata air panas yang di wilayah penelitian. Diantaranya adalah :

1. Pemanfaatan air mineral secara luas sebagai bagian dari pengobatan dan pencegahan terhadap penyakit (Balneoterapi)
2. Untuk mendapatkan manfaat yang lebih luas seperti pengembangan mata air panas sebagai objek wisata.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait mata air panas di wilayah penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Mata Air Panas (*Hot spring*)

Mataair (*spring*) adalah pemusatan keluarnya airtanah yang muncul di permukaan tanah sebagai arus dari aliran airtanah (Tolman, 1937). Menurut Bryan (1919) dalam Todd (1980), berdasarkan sebab terjadinya mataair diklasifikasikan menjadi 2, yaitu: mataair yang dihasilkan oleh tenaga non gravitasi (*non gravitational spring*) dan mataair yang dihasilkan oleh tenaga gravitasi (*gravitational spring*). Mataair gravitasi diklasifikasikan menjadi beberapa tipe, yaitu: mata air depresi (*depression spring*) yang terbentuk bila permukaan airtanah terpotong oleh topografi; mataair kontak (*contact spring*). terjadi bila lapisan yang lulus air terletak di atas lapisan kedap air; mataair artesis (*artesian spring*) yang keluar dari akuifer tertekan; dan mataair turbuler (*turbulence spring*) yang terdapat pada saluran-saluran alami pada formasi kulit bumi, seperti goa lava atau *joint*. Mataair yang dihasilkan oleh tenaga non gravitasi meliputi: mataair vulkanik, mataair celah, mataair hangat (*warm spring*), dan mataair panas (*hot spring*).

Hot spring atau *warm spring* biasanya berupa mata air panas atau hangat yang dapat berupa kolam atau mengalir ke sungai. Terbentuk karena adanya aliran air panas atau hangat yang mengalir dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. *Hot spring* memiliki suhu di atas 37 °C, di atas suhu normal tubuh manusia (Monroe, 2006)

Mata air panas dipanaskan oleh geotermal (panas bumi). Semakin dalam letak batu-batuan di dalam perut bumi, semakin meningkat pula temperatur batu-batuan tersebut. Peningkatan temperatur batuan berbanding dengan kedalaman disebut gradien geotermal. Air merembes ke dalam kerak bumi, dan dipanaskan oleh permukaan batu yang panas. Air yang sudah dipanaskan keluar di mata air panas yang lokasinya jauh dari gunung berapi. Di kawasan gunung berapi, air dipanaskan oleh magma hingga menjadi sangat panas. Air menjadi terlalu panas hingga membentuk tekanan uap, dan menyembur ke permukaan bumi sebagai geysir. Bila

air hanya mencapai permukaan bumi dalam bentuk uap, maka disebut fumarol. Bila air tercampur dengan lumpur dan tanah liat, maka disebut kubangan lumpur panas.

Setiap benua dan di bawah samudra dan lautan, memiliki sumber air panas yang berasal dari kerak bumi. Kebanyakan dari sumber air panas ini tercipta sejak 20 hingga 45 juta tahun lalu akibat aktivitas vulkanik. Umumnya, temperatur bumi makin bertambah jika semakin dalam. Ketika air masuk sampai ke dalam, maka suhunya pun ikut naik dan akan semakin panas ketika berbenturan dengan bebatuan yang panas, itulah maka muncul sumber air panas. Semakin panas suhu air, berarti sumber air itu semakin dalam atau bahkan di kerak bumi. Ada juga yang memanaskan karena kontak dengan magma sehingga bisa meleburkan batu, biasanya ini terjadi di daerah gunung api, di mana suhu air akan menjadi sangat panas bahkan mencapai titik didih. Sumber air hangat biasanya campuran dari sumber air panas dan dingin yang bercampur, namun ini biasanya terjadi di luar daerah vulkanik. Pergerakan airtanah di berbagai tempat akan mengakibatkan airtanah keluar ke permukaan bumi sebagai mataair (*spring*) ataupun rembesan (*seepage*) dengan debit yang bervariasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik dan persebaran mataair antara lain: perubahan morfologi lereng, proses geomorfologis, jenis batuan, dan struktur geologi penyusunnya.

II.2 Karakteristik Hidrotermal

Sistem hidrotermal, yang merupakan sistem mataair, proses pemanasan dan kondisi sistem di mana air yang terpanasi terkumpul, sehingga sistem panas bumi mempunyai persyaratan seperti harus tersedianya air, batuan pemanas, batuan sarang dan batuan penutup. Air di sini umumnya berasal dari air tanah meteorik. Jenis – jenis air (Diadaptasikan dari White, 1956), sebagai berikut :

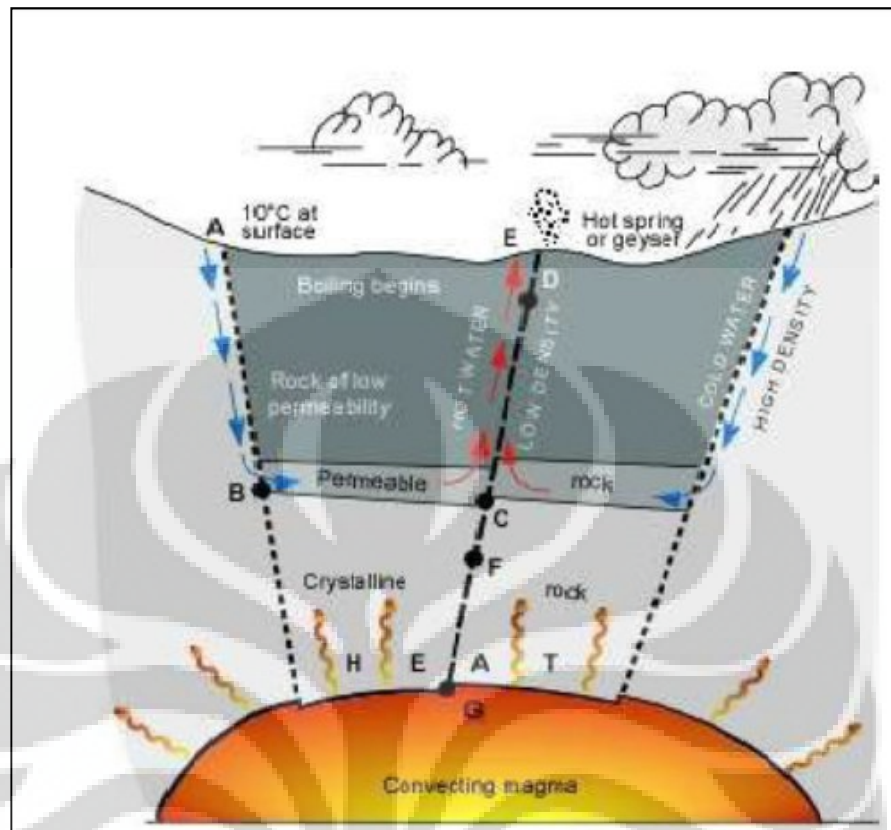
- a. Air juvenile (*juvenile water*), yaitu air yang berasal dari magma (primer) yang kemudian menjadi bagian dari hidrosfer.
- b. Air magmatik (*magmatic water*), yaitu air yang berasal dari magma (dapat air juvenile) sejak magma tersebut bersatu dengan air meteorik atau air yang berasal dari sedimen.

- c. Air meteorik (*meteoric water*), yaitu air yang sekarang berada di lingkungan atmosfer.
- d. Air purba (*connate water*), yaitu air yang terpisah dari atmosfer selama waktu geologi yang panjang. Air yang terdapat dalam cekungan sedimen dan tertutup oleh lapisan tebal batuan di atasnya ini hampir sejenis dengan air di dalam lapisan minyak bumi yang umumnya merupakan air laut yang telah mengalami perubahan karena proses fisika dan kimia.
- e. Air metamorfik (*metamorphic water*), yaitu bentuk tersendiri dari air purba yang berasal dari mineral yang mengandung air (*hydrous mineral*), di mana air akan terperas keluar selama proses kristalisasi atau metamorfosa.

Batuan pemanas akan berfungsi sebagai sumber pemanasan air yang dapat berwujud tubuh terobosan granit maupun bentuk-bentuk lainnya. Panas yang ditimbulkan oleh pergerakan sesar aktif kadang - kadang berfungsi pula sebagai sumber panas,

Batuan sarang berfungsi sebagai penampung air yang telah terpanasi atau uap yang telah terbentuk. Nilai kesarangan batuan cadangan ini ikut menentukan jumlah cadangan air panas atau uap.

Batuan penutup berfungsi sebagai kumpulan air panas atau uap, sehingga tidak merembes ke luar. Syarat dari batuan penutup ini adalah sifatnya yang tidak mudah ditembus atau dilalui cairan atau uap.



Gambar 2.1 Model Sistem Geotermal (White, 1973)

Umumnya sumber panas bumi terdapat di daerah jalur gunung api, maka sebagai sumber panas adalah magma atau batuan yang telah mengalami radiasi panas dari magma, sedang batuan penutup dan batuan cadangan biasanya dibentuk oleh batuan hasil letusan gunungapi seperti lava dan piroklastik. Meskipun di beberapa daerah panas bumi, tufa atau abu halus yang terlempungkan atau lapisan air tanah dapat berfungsi sebagai batuan penutup sistem panas bumi.

Pada jalur gunung api, dengan sumber panas yang relatif agak dangkal akan terbentuk daerah - daerah panas bumi yang di permukaan teramati sebagai sumber - sumber air panas, lapangan fumarol, solfatar, kubangan lumpur panas, steaming ground, hot ground, atau daerah ubahan hidrotermal.

Massa air panas yang terdapat di dalam bumi pada suatu saat akan merembes ke permukaan bumi, membentuk sumber - sumber air panas. Kelurusan beberapa

sumber air panas mencirikan adanya retakan yang memotong sistem hidrotermal panas bumi. Kadang - kadang di sekitar mataair panas dijumpai sinter silikaan yang merupakan endapan silika yang larut dalam air panas atau tufa gampingan karena ikut terlarut CaCO_3 . Solfatar adalah hembusan gas belerang yang berasal magma maupun terdapat di dalam sedimen, endapan belerang yang merupakan sublimasi gas H_2S di sekitar daerah solfatar kadang - kadang mempunyai arti ekonomi. Fumarol merupakan hembusan gas dan uap air, di mana uap air umumnya lebih banyak. Konstituen gas umumnya terdiri dari CO_2 , H_2S , HCl , CO , HF , Asam Borak, H_3PO_3 , NH_3 , Hidrogen Bebas dan sejumlah kecil gas - gas tak reaktif seperti Argon. Kadang ditemukan pula unsur Hidrogen, Cl dan F, di mana umumnya berasal dari alterasi batuan sekitar. Beberapa jenis sulfat seperti anhidrit, gypsum, alunit, alum dan garam epsom kadang dijumpai pada uap fumarol. Gas SO_2 yang ada berasal dari oksidasi gas H_2S setelah mencapai permukaan, sedang belerang yang berbentuk kristal - kristal jarum merupakan hasil sublimasi.

II.3 Kondisi Geologi

Geologi adalah pengetahuan susunan zat serta bentuk muka bumi. Geologi juga merupakan pengetahuan yang mempelajari sejarah pengetahuan bumi (Katili, 1967)

II.3.1 Struktur Geologi

Struktur geologi adalah berbagai kenampakan geologi yang terdapat di muka bumi. Keberadaan struktur geologi menjadi penentu keberadaan manifestasi geotermal pada di suatu daerah. Proses-proses yang bekerja di dalam bumi telah menimbulkan perubahan-perubahan terhadap kulit bumi sejak mulai terbentuk. Akibat dari proses tersebut maka kulit bumi atau batuan akan mempunyai struktur tertentu. Kedudukan lapisan batuan tidak selalu sejajar, ada yang miring letaknya, ada pula yang tegak lurus serta di beberapa tempat ada yang terlipat. Gaya yang bekerja

pada lapisan batuan tersebut, sehingga menghasilkan kedudukan lapisan batuan yang tidak selalu sejajar adalah gaya yang terdapat dari dalam bumi. (Katili, 1967).

Struktur yang terdapat di wilayah penelitian adalah berupa struktur patahan atau sesar (*faulting*) dan lipatan (*folding*).

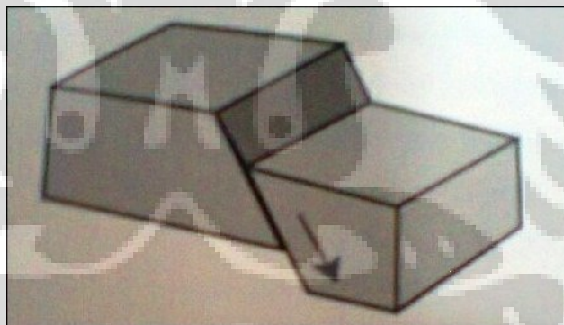
1. Struktur sesar

Sesar atau patahan (*fault*) merupakan zona retakan panjang pada bagian relatif satu dengan yang lainnya sampai terjadi displacement dan parallel dengan pecahan tersebut (Desaunettes, 1977).

Menurut Sandy dkk (1985), sesar biasanya terjadi pada batuan beku, terutama yang butiran kristalnya kasar, atau pada batuan lainnya seperti batuan metamorfosa. Bagian sesar atau patahan yang rendah disebut palung (*graben*), sedangkan yang terangkat disebut horst. Ellen Prager (1999), mengklasifikasikan sesar berdasarkan arah gerakan relatif bagian-bagian yang bergerak menjadi 3 (tiga) jenis yaitu ;

1) Sesar normal (*Normal fault*)

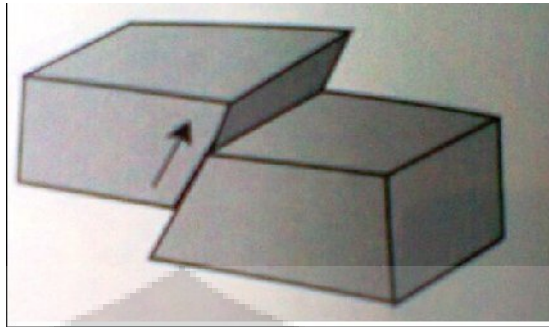
Cirinya adalah adanya pemanjangan, ada lapisan hilang



Gambar 2.2 Sesar normal (Prager, 1999)

2) Sesar naik (*Reverse fault*)

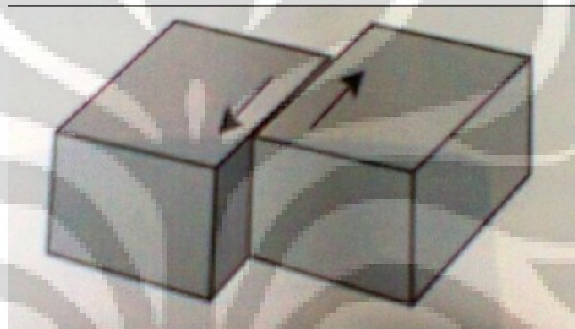
cirinya adalah adanya lapisan yang menumpuk



Gambar 2.3 Sesar naik (Prager, 1999)

3) Sesar geser atau sesar mendatar (*Strike slip fault*)

Arah gerakan sejajar bidang sesar



Gambar 2.4 Sesar geser (Prager, 1999)

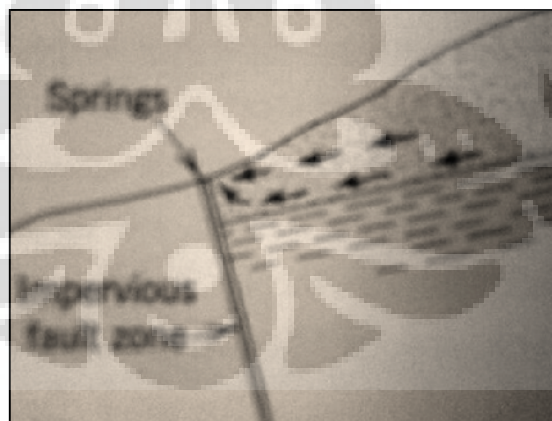
Secara garis besar, sesar dibagi menjadi dua, yaitu sesar tampak dan sesar buta (*blind fault*). Sesar yang tampak adalah sesar yang mencapai permukaan bumi sedangkan sesar buta adalah sesar yang terjadi di bawah permukaan bumi dan tertutupi oleh lapisan seperti lapisan deposisi sedimen. Pengenalan sesar di lapangan biasanya cukup sulit. Beberapa kenampakan yang dapat digunakan sebagai penunjuk adanya sesar antara lain : adanya struktur yang tidak menerus (lapisan terpotong dengan tiba-tiba), adanya perulangan lapisan atau hilangnya lapisan batuan, kenampakan khas pada bidang sesar, seperti cermin sesar, gores garis, kenampakan khas pada zona sesar, seperti seretan (*drag*), breksi sesar, *horses*, atau *slices*, *milonit*, silisifikasi dan mineralisasi sepanjang zona sesar, perbedaan fasies sedimen, petunjuk fisiografi, seperti gawir (*scarp*), *scarplets* (*piedmont scarp*),

triangular facet, dan terpotongnya bagian depan rangkaian pegunungan struktural. Kenampakan-kenampakan tersebut tidak harus semua tampak di lapangan sebagai syarat adanya sesar. Beberapa kenampakan diantaranya yang tampak di lapangan sudah dapat digunakan untuk menentukan adanya sesar di lokasi tersebut.

2. Struktur lipatan

Sandy dkk (1985) mengemukakan bahwa, jenis batuan pada wilayah lipatan biasanya mempunyai sifat yang lebih lentur, jika dibandingkan dengan batuan beku. Bagian lipatan yang rendah disebut sinklinal dan yang tinggi disebut antiklinal. Sisi sinklinal biasanya lebih landai dari pada sisi graben.

Perlapisan antara batuan yang bersifat porous, seperti bahan-bahan piroklastis atau bahan-bahan aluvium di bagian atas, dengan batuan yang bersifat kedap air, seperti batuan beku di bagian bawah yang relatif kompak, juga akan menyebabkan mengalirnya airtanah melalui batas perlapisan tersebut, dan muncul sebagai mataair kontak. Demikian juga kedudukan antara satu perlapisan batuan dengan perlapisan yang lain, dan struktur geologi yang menyusunnya, seperti patahan, retakan, maupun perlipatan, merupakan faktor lain pengontrol pemunculan dan sebaran mataair.



Gambar 2.5 Mata air muncul dari zona patahan (Monroe, 2006)

II.3.2 Gunung Api

Sebuah gunungapi disebut aktif apabila kegiatan magmatismya dapat dilihat secara nyata. Leleran lava dari kawah puncak atau kawah samping, adanya awan panas letusan dan awan panas guguran, lahar letusan dan lain sebagainya mencirikan bahwa gunung api tersebut masih aktif. Morfologi gunung api aktif biasanya menampilkan bentukan kerucut sempurna. Apabila gejala kegiatan magmatismya tidak teramati, suatu gunungapi dapat dikelompokkan menjadi gunung api padam. Tetapi keadaan seperti ini bukan berarti bahwa gunung api tersebut mati, sebab pada suatu saat gunungapi itu dapat aktif kembali. Kenampakan gejala panas bumi di permukaan seperti daerah ubahan hidrotermal, kubangan Lumpur panas, hembusan fumarol dan mata air panas memang sering dikaitkan dengan gejala padamnya suatu gunungapi. Sebagai contoh kontras, jalur panas bumi di Indonesia ternyata merupakan tempat kedudukan gunungapi aktif, sebab gas-gas belerang akan dijumpai melimpah di daerah gunungapi aktif. Air tanah dapat dipanaskan oleh magma atau oleh *gradient geothermal* sehingga suhu air menjadi tinggi. Ketika naik ke permukaan, maka akan muncul dalam bentuk mata air panas ataupun geysir. Semakin panas suhu air, berarti sumber air itu semakin dalam atau bahkan di kerak bumi. Ada juga yang memanaskan karena kontak dengan magma sehingga bisa meleburkan batu, biasanya ini terjadi di daerah gunung api, di mana suhu air akan menjadi sangat panas bahkan mencapai titik didih. (Monroe, 2006)

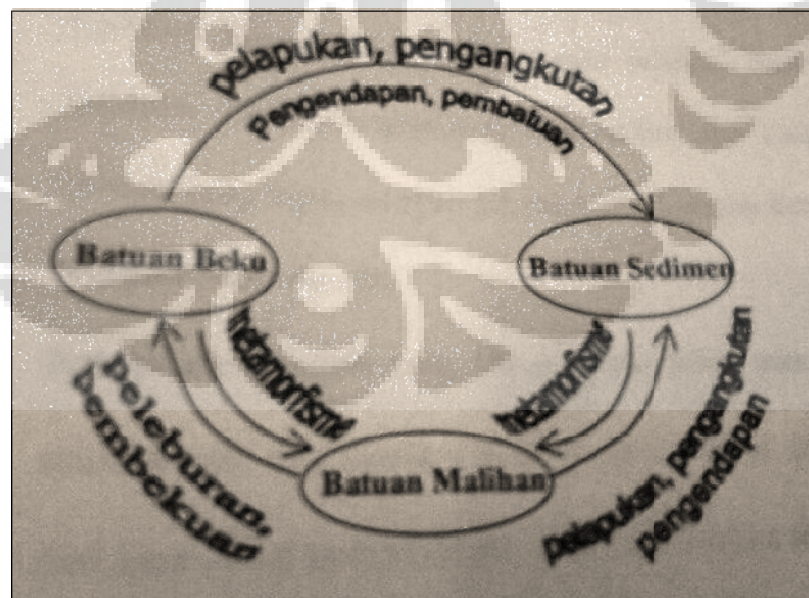
Dalam Teori perpindahan kalor konduksi menurut Giancos (1984), benda yang memiliki suhu yang lebih tinggi (T_1) dengan benda yang memiliki suhu lebih rendah (T_2), karena adanya perbedaan suhu ($T_1 - T_2$), kalor mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu rendah. Benda yang dilewati kalor memiliki luas penampang (A) dan panjang (l). Jumlah kalor yang mengalir berbanding lurus dengan perbedaan suhu, luas penampang, sifat suatu benda (konduktivitas termal) dan berbanding terbalik dengan panjang benda. Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l}$$

Dalam kasus perpindahan kalor dari magma menuju mata air, terjadi perpindahan kalor secara konduksi melalui batuan. Jumlah kalor yang mengalir kemudian memanaskan mata air berbanding terbalik dengan jarak dari sumber panas, sehingga semakin dekat suatu mata air dengan kontak magma, maka suhu mata air akan semakin tinggi.

II.3.3 Litologi

Menurut Soetoto (1981), berdasarkan atas cara terbentuknya, batuan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu ; batuan beku (*igeneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*), dan batuan malihan (*metamorphic rock*). Antara batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan terdapat jaringan yang sering disebut dengan siklus batuan (*rock cycle*).



Gambar 2.6 Siklus batuan (Soetoto, 1981)

a. Batuan beku

Batuan beku adalah batuan yang terbentuk langsung dari magma yang membeku. Magma yaitu materi cair liat-pijar yang terdiri dari senyawa silikat dan berada di dalam bumi di bawah pengaruh tekanan dan suhu yang tinggi. Apabila magma meleleh di permukaan bumi namanya menjadi lava. Berdasarkan tempat atau letak membekunya magma, batuan beku dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu ;

1. Batuan beku dalam (*plutonic/intrusive igneous rock*), terjadi karena magma membeku dibawah permukaan bumi.
2. Batuan beku luar (*extrusive igneous rock*), terjadi karena magma membeku di permukaan atau di atas permukaan bumi.

Klasifikasi berdasarkan kandungan SiO_2 (C.L. Hughes, 1962), yaitu:

- Batuan beku asam, apabila kandungan SiO_2 lebih dari 66%. Contohnya adalah riolit.
- Batuan beku intermediate, apabila kandungan SiO_2 antara 52% - 66%. Contohnya adalah dasit.
- Batuan beku basa, apabila kandungan SiO_2 antara 45% - 52%. Contohnya adalah andesit.
- Batuan beku ultra basa, apabila kandungan SiO_2 kurang dari 45%. Contohnya adalah basalt.

b. Batuan sedimen

Batuan sedimen adalah batuan yang terjadi akibat pembatuan atau litifikasi hancuran batuan lain atau litifikasi hasil reaksi kimia tertentu. Litifikasi adalah proses berubahnya materi pembentuk batuan yang lepas menjadi batuan kompak keras.

Jenis – jenis batuan sedimen pada daerah penelitian antara lain :

- Breksi, yaitu batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang bersudut. Biasanya terbentuk pada bagian dasar lereng gunung yang mengalami sedimentasi
- Batu pasir, yaitu batuan sedimen dengan ukuran butir antara 2 mm sampai 1/16 mm. batu pasir terbentuk karena proses segmentasi butiran-butiran dari pasir-pasir yang terbawa oleh sungai, ombak, dan angin hingga akhirnya terakumulasi pada suatu tempat.
- Batu lempung, yaitu batuan sedimen dengan ukuran butir lebih kecil dari 1/256 mm, bersifat mudah membelah dan plastis jika terkena panas

c. Batuan metamorfik

Batuan metamorfik yaitu batuan yang telah mengalami perubahan mineralogik dan struktur oleh metamorfisme terjadi dari fase padat tanpa melalui fase cair. Proses metamorfisme terjadi di dalam atau di luar kerak bumi.

Pengklasifikasian jenis batuan dalam penelitian ini berdasarkan pada peta Geologi skala 1:100.000 terbitan Pusat Penelitian Pengembangan Geologi.

II.4 Geokimia mata air panas

Mata air panas adalah salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Mata air ini terbentuk karena adanya aliran panas atau hangat dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan.

Sifat air permukaan seringkali digunakan untuk memperkirakan reservoir di bawah permukaan.

- Mata air panas yang bersifat asam biasanya merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panas bumi yang didominasi uap
- Mata air panas yang bersifat netral biasanya merupakan manifestasi permukaan dari panas bumi yang didominasi air dan umumnya penuh dengan silika.

- Apabila laju aliran panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mata air panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terraces* atau *sinter platform*)

Klorida merupakan hal terpenting dalam penelitian secara kimia. Menurut White (1970) (dalam Ellis and Mahon, 1977 : 218), klorida dapat memberikan informasi mengenai kandungan (fase) yang terdapat pada sistem. Air panas yang terletak pada kedalaman pusat biasanya memiliki konsentrasi klorida yang relatif konstan. Di beberapa daerah umumnya pada *boiling spring* pH mendekati asam dan memiliki konsentrasi klorida yang rendah. Alterasi batuan permukaan dapat meningkatkan konsentrasi klorida pada mata air. *Boiling spring* dapat digunakan sebagai pengukur suhu minimum air bawah tanah. Nilai konsentrasi klorida pada aliran mata air dengan temperatur titik didih diasumsikan sama dengan suhu air tersebut pada kedalaman. Pada *boiling spring* dengan konsentrasi klorida yang lebih rendah diasumsikan telah mengalami pengenceran oleh klorida air permukaan (Mahon, 1977 : 217)

Pada sebagian besar sistem geotermal, tipe air yang berada di kedalaman mempunyai komposisi alkali klorida, dan kandungan gas yang didominasi oleh CO₂ dengan sedikit H₂S, H₂, CH₄, N₂, dan sebagainya. Beberapa sistem yang mempunyai keasaman sangat kuat berada pada kedalaman yang mempunyai konsentrasi sulfat yang tinggi.

Sebagian besar tipe kimia air ditemukan pada area geotermal dengan suhu yang tinggi, dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (menurut White, 1957 dalam Ellis and Mahon, 1977 : 58) :

a. Air Klorida Alkali

Garam yang terlarut dalam air ini pada umumnya merupakan sodium potasium klorida. Air ini juga mengandung konsentrasi silika yang tinggi dan biasanya yang sangat berpengaruh adalah sulfat, bikarbonat, florida, ammonia, arsen, litium, rubidium, sesium, dan asam borak. Perbandingan klorida dan sulfat biasanya tinggi dan mempunyai pH yang berkisar antara

sedikit asam sampai mendekati alkali (pH 5-9) gas yang terlarut utamanya adalah karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Air ini biasanya terdapat pada daerah dengan aktivitas mata air panas dan geyser, dan biasanya terdapat pada lapangan pengembangan panasbumi (geotermal).

b. Air Asam Sulfat

Merupakan air asam yang mengandung klorida dengan kadar yang rendah, dan ditemukan pada area geothermal dengan uap yang berada di bawah 400°C dan terkondensasi ke permukaan. Hidrogen sulfida berasal dari uap yang kemudian teroksidasi menjadi sulfat. Air asam sulfat ditemukan pada tempat timbulnya uap dari bawah tanah dengan temperatur yang tinggi dan merambat secara vertikal.

c. Air Asam Sulfat-Klorida

Mata air panas yang mengandung konsentrasi klorida dan sulfat banyak ditemukan di berbagai tempat, dengan tingkat keasaman sekitar (pH 2-5), dan dari beberapa hal :

- Perpaduan air tipe asam sulfat dan klorida
- Air sulfida tipe yang teroksidasi pada kedalaman menjadi ion bisulfat, atau berasosiasi dengan oksida lava.
- Dapat juga diperoleh dari air klorida dengan temperatur yang tinggi yang mengalami kontak pada kedalaman yang batuanannya mengandung sulfur.
- Pada daerah aktif vulkanik, uap dengan temperatur tinggi yang muncul dari batuan pada kedalaman yang cukup dangkal yang terkondensasi menuju permukaan atau dekat air permukaan. Resultan air ini mengandung florida, klorida, dan konsentrasi sulfat yang tinggi yang berasal dari uap vulkanik.

d. Air Bikarbonat

Air panas rendah klorida mengandung bikarbonat yang tinggi dan konsentrasi sulfat yang tidak tetap, dan terjadi dekat dengan permukaan daerah vulkanik

geotermal yang terdapat uap yang mengandung karbondioksida dan hidrogen sulfida yang terkondensasi ke dalam akuifer.

II.4.1 Klasifikasi tipe anion mata air panas

Klasifikasi tipe air panas yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah tipe berdasarkan konsentrasi anion-anion klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) untuk mengetahui sampel air panas bumi yang mempunyai komposisi kimia mewakili air panas bumi di reservoir (Fornier, 1981)

1. Tipe Klorida (Cl^-)

Yaitu mata air panas dengan komposisi kimiawi fluida yang didominasi oleh klorida. Konsentrasi klorida merupakan hal terpenting dari manifestasi geotermal karena memberikan informasi mengenai fase pada sistem geotermal. Unsur klorida sendiri merupakan unsur yang berhubungan langsung dengan reservoir yang menjadi sumber panas dari sistem geotermal.

2. Tipe Sulfat (SO_4^{2-})

Yaitu mata air panas dengan komposisi kimiawi fluida yang didominasi oleh sulfat. Manifestasi geotermal yang memiliki konsentrasi sulfat tinggi biasanya terdapat pada wilayah yang tinggi dan dekat dengan wilayah vulkanik. Manifestasi geotermal tipe sulfat terkondensasi pada *vadoze zone* (di atas *water table*) dan memiliki konsentrasi klorida yang rendah dengan pH yang rendah pula. Fluida yang mempunyai kandungan SO_4 relatif tinggi dan mengandung Na, K, Ca, Mg, dan mengandung HCO_3^- yang sangat rendah.

3. Tipe Bikarbonat (HCO_3^-)

Fluida yang mempunyai kandung HCO_3^- yang relatif tinggi dari pada SO_4 dan mempunyai pH mendekati normal (sekitar 6 – 8). Sangat dipengaruhi oleh air permukaan dan air bikarbonat terlarut. Pada umumnya terdapat pada ketinggian yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe SO_4 .

II.4.2 pH (*Potential of Hydrogen*)

pH mata air panas merupakan indikator tingkat keasaman atau kebasaaan air yang dikaji, terutama oksida sulfur dan nitrogen pada proses pengasamaan dan oksida kalsium dan magnesium pada proses pembasaan. Angka indeks yang umum digunakan mempunyai kisaran antara 0 hingga 14 dan merupakan angka logaritmik negatif dari konsentrasi ion hidrogen dalam air. Angka 7 adalah netral, sednagkan harga pH lebih besar dari tujuh menunjukkan bahwa air bersifat basa dan terjadi ketika ion-ion karbon dominan. Sedangkan angka pH lebih kecil dari 7 menunjukkan bahwa air di tempat tersebut bersifat asam. Sifat asam dan basa suatu mata air ditentukan oleh sifat batuan reservoir. Berbeda jenis batuan, berbeda pula sifat keasaman atau kebasaaan mata air panas (Asdak, 2004).

Umumnya pH mata air panas yang muncul di daerah ketinggian rendah dengan tipe bikarbonat, memiliki pH cenderung netral (6 – 9). Fluida yang mempunyai kandung HCO_3 yang relatif tinggi karena sangat dipengaruhi oleh air permukaan dan air bikarbonat terlarut. (Fornier, 1981)

II.3.3 Temperatur

Monroe (2006), dalam *The Changing Earth*-nya menyebutkan bahwa Air yang keluar dari mata air panas dipanaskan oleh geotermal (panas bumi). Semakin dalam letak batu-batuan di dalam perut bumi, semakin meningkat pula temperatur batu-batuan tersebut. Peningkatan temperatur batuan berbanding dengan kedalaman disebut gradien geotermal. Air merembes ke dalam kerak bumi, dan dipanaskan oleh permukaan batu yang panas. Air yang sudah dipanaskan keluar di mata air panas yang lokasinya jauh dari gunung berapi. Di kawasan gunung berapi, air dipanaskan oleh magma hingga menjadi sangat panas. Air menjadi terlalu panas hingga membentuk tekanan uap, dan menyembur ke permukaan bumi sebagai geyser. Bila air hanya mencapai permukaan bumi dalam bentuk uap, maka disebut fumarol. Bila air tercampur dengan lumpur dan tanah liat, maka disebut kubangan lumpur panas.

II.5 Potensi Mata Air Panas

1. Manfaat Kandungan Mineral Pada Mata Air Panas

Balneologis Eropa telah mempelajari secara intensif tentang terapi air mineral. Mata air dengan kandungan mineral yang berbeda sering direkomendasikan untuk tiap orang sesuai dengan keluhan penyakitnya. Berikut ini merupakan hasil penelitian dari mineral-mineral yang sebagian besar terdapat pada sebagian besar mata air panas beserta manfaat dari mineral-mineral tersebut :

a. Bikarbonat

Di Spanyol, air diklasifikasikan sebagai air bikarbonat jika berisi lebih dari 250 PPM gas karbon bebas. Selain itu mata air ini juga mengandung gas bikarbonat (sodium bikarbonat, bikarbonat kalsium, karbon dioksida, dll). Mandi di air bikarbonat dipercaya membantu membuka pembuluh darah perifer dan membantu meningkatkan sirkulasi di dalam tubuh. Selain itu balneoterapis Eropa juga memanfaatkan air bikarbonat untuk mandi yang mampu mengatasi hipertensi dan aterosklerosis ringan. Untuk kondisi tersebut, biasanya mandi dilakukan di *Tepid-Warm - Hot Spring* dengan suhu (86-100 ° F). Beberapa peneliti percaya bahwa mandi bikarbonat juga membantu mengatasi penyakit jantung dan ketidakseimbangan sistem saraf.

b. Sulfur dan Sulfat

Mata air panas yang kaya sulfur ada di Prancis, Spanyol, dan Jepang, digunakan untuk mengatasi berbagai macam permasalahan, seperti infeksi kulit, gangguan pernapasan, dan radang kulit. Air panas kaya sulfat (senyawa belerang) memiliki komposisi sulfur yang jauh berkurang dibandingkan dengan mata air yang kaya sulfur. Air panas yang kaya sulfat ini biasanya untuk permasalahan hati dan gastrointestinal, serta untuk beberapa permasalahan pernapasan dengan terapi inhalasi, seperti di spa Eropa.

c. Klorida

Mata air panas asin yang kaya natrium klorida. Mata air mineral alami yang kaya klorida, memiliki jumlah klorida antara 0,5-3%, dianggap oleh beberapa peneliti

bermanfaat untuk kondisi rematik, arthritis, kondisi sistem saraf pusat, gangguan pasca trauma dan pasca operasi, serta penyakit ortopedi dan ginekologi.

2. Pemanfaatan suhu mata air panas

Sumber energi yang memiliki entalpi tinggi (temperatur $\geq 200^\circ \text{C}$) pemanfaatannya adalah untuk pembangkit listrik. Sedangkan yang memiliki entalpi sedang hingga rendah (temperatur $\leq 200^\circ \text{C}$) dapat dimanfaatkan sebagai balneoterapi dan spa.

Dengan begini berarti di Indonesia sistem ini dapat dikembangkan dengan mudah dan lebih murah dibandingkan dengan yang telah dikembangkan di Eropa semisal di Belanda. Di sana mereka mendapatkan air hangat dengan menggunakan alat pemanas, yang berarti harus mengeluarkan biaya dalam hal ini. Belum lagi mereka juga harus menambahkan mineral dalam air panas tersebut agar sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tubuh. Namun di negara yang mempunyai sumber panas bumi, biaya untuk hal ini dapat ditekan dengan menggunakan air panas dari geotermal secara langsung. Di Indonesia, upaya untuk memasyarakatkan budaya mandi dengan menggunakan air panas langsung dari geothermal ini perlu lebih ditingkatkan karena kita punya sumber panas bumi yang sangat besar. Orang Indonesia saat ini mungkin lebih tertarik pergi ke spa di rumah-rumah spa daripada datang ke pemandian air hangat. Hal ini mungkin karena “pengemasan” dari pemandian air hangat ini kurang menarik. Sedangkan kebanyakan orang Indonesia mempunyai gaya hidup yang mengikuti orang barat yang sering pergi ke spa. Jika kita pandai memanfaatkan peluang sumber panas bumi untuk pemandian yang dipadukan dengan spa, maka biaya yang dikeluarkan oleh pelanggan/pasien akan jauh lebih murah.

II.6 Penelitian Sebelumnya

1. Penelitian yang dilakukan di Lapangan Geotermal Ulubelu, Sumatera Selatan menyimpulkan bahwa sistem geotermal di Ulubelu merupakan sistem yang sangat dipengaruhi oleh struktur dan stratigrafi daerah setempat. Pada lapangan geotermalnya terdapat depresi patahan (graben) yang terjadi antara

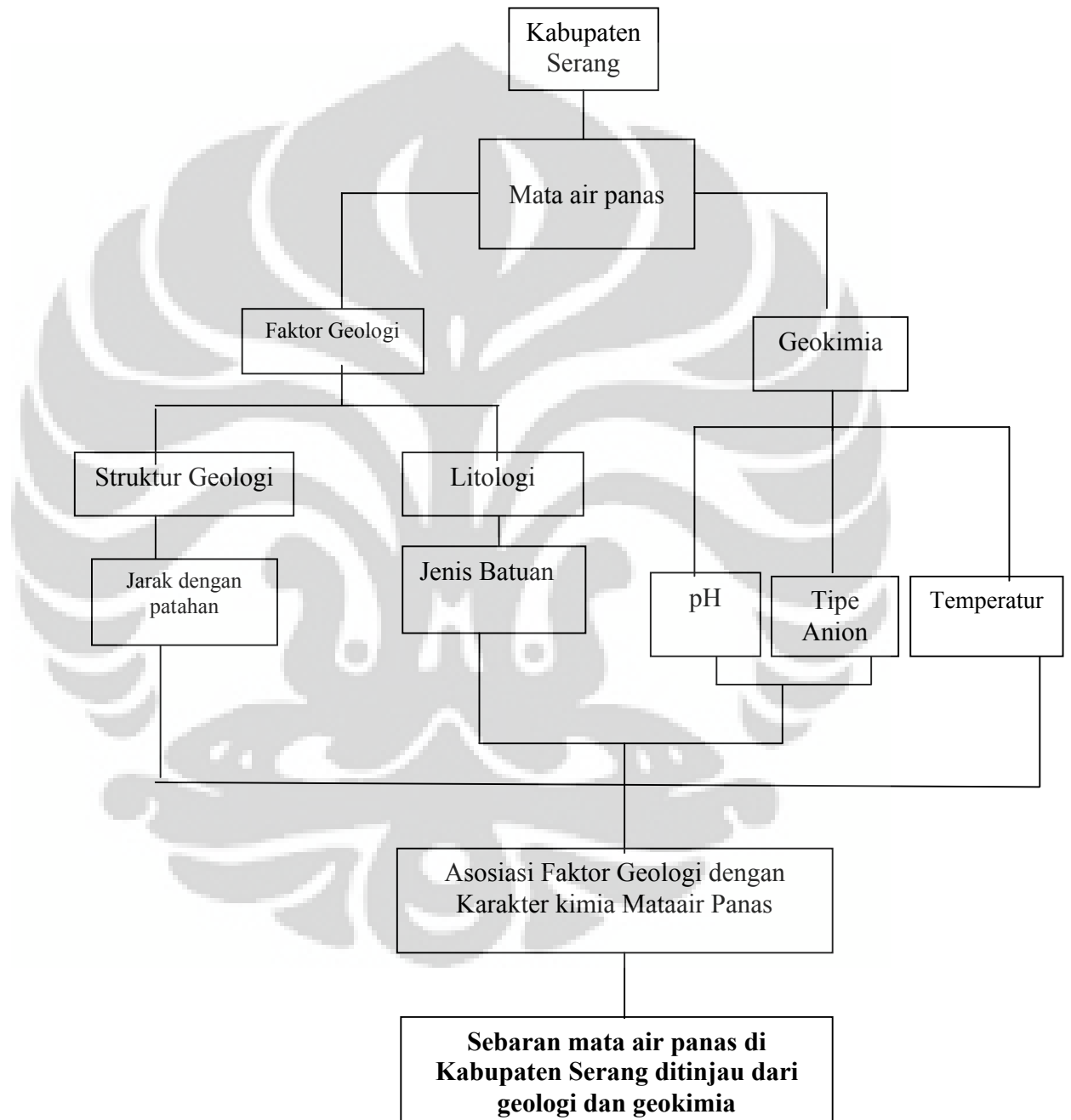
Gunung Rendingan dan Gunung Kabawok dan di sekitarnya merupakan daerah yang dikelilingi oleh pengaruh struktur graben. Stratigrafi daerah setempat terdiri dari andesit dan basalt, piroklastik, tuff, dan lava. Sedangkan formasi utamanya merupakan pertemuan antara formasi Gunung Rendingan, formasi Gunung Kukusan, formasi Gunung Dudukan dan formasi Gunung Sula. Pada formasi Gunung Rendingan (yang merupakan formasi paling muda dan didominasi oleh batuan andesit) tidak terdapat manifestasi yang aktif pada puncak gunung, tetapi terdapat *hot spring* dan alterasi pada lereng bagian selatan. Pada formasi Gunung Kukusan (didominasi batuan basalt), terdapat manifestasi aktif yang berupa *fumarol*, *boiling spring*, dan alterasi lempung di sepanjang garis patahan. Pada formasi Gunung Duduk yang didominasi oleh batuan dasit terdapat *hot spring* dan alterasinya. Formasi Gunung Sula merupakan formasi yang paling tua dan merupakan reservoir bagi lapangan geothermal di Ulubelu (Daud, 2000)

2. Penelitian mengenai geologi dan geokimia di Mataloko, area geothermal Nage-Bobo, Flores melihat prospek lapangan geothermal dari latar tektonik, geologi dan kimia.

Mataloko didominasi oleh jenis batuan andesit-basalt sebagai konduktor yang mengalirkan sumber panas laten yang berasal dari magma terhadap sistem dan air meteorik panas pada kedalaman *Up-flow* memiliki tipe sulfat yang mengindikasikan temperatur yang tinggi pada fluida bawah permukaan ($283^{\circ}\text{C} - 287^{\circ}\text{C}$). *Hot spring* Nage yang berada pada ketinggian sekitar 1200 mdpl, memiliki tipe sulfat-klorida. Tingginya nilai sulfat mengindikasikan perpaduan *magmatic* water dengan akuifer air panas. Keasaman yang kuat tersebut mengindikasikan kontribusi magma yang besar yang diasosiasikan dengan daerah aktif vulkan di Ine Rie (Nasution, et al, 2006 : 1)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alur Pikir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Pikir penelitian

Gambar 3.1 di atas memperlihatkan bahwa keberadaan mata air panas dipengaruhi oleh faktor geologi. Struktur geologi dan jenis batuan berpengaruh terhadap kemunculan suatu mata air panas. Air panas merembes dari rekahan-rekahan batuan yang diakibatkan oleh pengaruh patahan atau lipatan. Dalam penelitian ini dicari hubungan antara suhu mata air panas dan jarak mata air panas dengan patahan atau lipatan. Karakter kimia mata air panas seperti pH dan kandungan kimia fluida dipengaruhi oleh litologi suatu wilayah. Gradien geotermal dan mineral-mineral yang terkandung dalam batuan yang dilewati mata air mempengaruhi karakteristik suhu dan geokimia suatu mata air panas.

III. 2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini berada di Kabupaten Serang bagian selatan, meliputi 4 kecamatan yakni Kecamatan Padarincang, Kecamatan Mancak, Kecamatan Cinangka, dan Kecamatan Pabuaran.

III.3 Variabel Penelitian

Berdasarkan pemaparan Gambar 3.1, variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Struktur geologi

Struktur geologi pada penelitian ini adalah bentuk patahan.

2. Jenis batuan

Jenis batuan dalam penelitian ini terdiri dari batuan gunung api muda, gunung api tua, dan batuan sedimen.

3. pH

pH dalam penelitian ini adalah indikator tingkat keasaman atau kebasaaan air yang dikaji. Angka indeks yang umum digunakan mempunyai kisaran antara 0 hingga 14

4. Temperatur mata air panas

Temperatur dalam penelitian ini adalah ukuran tingkat intensitas panas dengan satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$)

5. Tipe anion

Kandungan kimia fluida mata air panas dalam penelitian ini sekaligus menggambarkan tipe mata air panas yakni tipe Klorida (Cl^-), Sulfat (SO_4^{2-}), dan Bikarbonat (HCO_3^-)

Untuk penentuan wilayah sebaran tipe sumber air panas serta pemanfaatannya, variabel yang digunakan antara lain:

1. Suhu mata air panas
2. pH mata air panas
3. Tipe anion mata air panas (Klorida, Sulfat, dan Bikarbonat)

III.4 Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang terdiri atas data spasial dan data tabuler.

- Data primer yaitu data yang dikumpulkan dan diolah sendiri serta diperoleh langsung dari objeknya. Data primer dalam penelitian ini berupa data suhu dan pH yang diukur secara langsung di lapangan.
- Data sekunder adalah data yang diperoleh dalam bentuk sudah jadi, sudah dikumpulkan dan diolah oleh pihak lain, umumnya data dalam bentuk publikasi-publikasi.
- Data spasial adalah data yang memiliki referensi ruang kebumihan (*georeference*) dimana berbagai data atribut terletak dalam berbagai unit spasial. Data tabular merupakan tabel yang terdiri dari baris dan kolom yang berisi nilai-nilai data.

Data spasial yang digunakan adalah :

- Peta dasar Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1: 25.000 yang dipeoleh dari Bakosurtanal digunakan untuk mengetahui topografi wilayah penelitian.

- Peta geologi (litologi dan struktur geologi) bersistem Indonesia lembar Serang dan Anyer skala 1 : 100.000 diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Data tabular yang digunakan Adalah :

- Lokasi titik sampel manifestasi mata air panas di Kabupaten Serang diperoleh dari Dinas pertambangan Provinsi Banten.
- Data anion mata air panas diperoleh dari Kelompok Keahlian Geologi Terapan (KKGTT)- FITB
- Pengukuran suhu mata air panas di lapangan dengan menggunakan Termometer air
- Data pH, Pengukuran pH dilakukan dengan uji laboratorium dengan menggunakan pHmeter

Data primer yang diperoleh di lapangan, antara lain :

- Pengukuran pH mata air panas dengan menggunakan pH meter. Sampel diambil di lapangan kemudian dilakukan pengukuran pH di laboratorium Farmasi UI.
- Pengukuran suhu dengan menggunakan termometer air yang diukur langsung di sumbernya.
- Pengambilan sampel mata air panas

Pengambilan sampel berdasarkan penemuan langsung di lapangan. Lokasi-lokasi mata air panas yang ditemui di lapangan kemudian diukur suhu dan diambil sampel untuk mengukur pH.

Berdasarkan SIN 6968 58 2008 tentang metode pengambilan contoh air tanah, peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Termometer untuk mengukur suhu di lokasi
- b. Botol sampel 50 ml
- c. Peta kerja
- d. Global Positioning System (GPS)

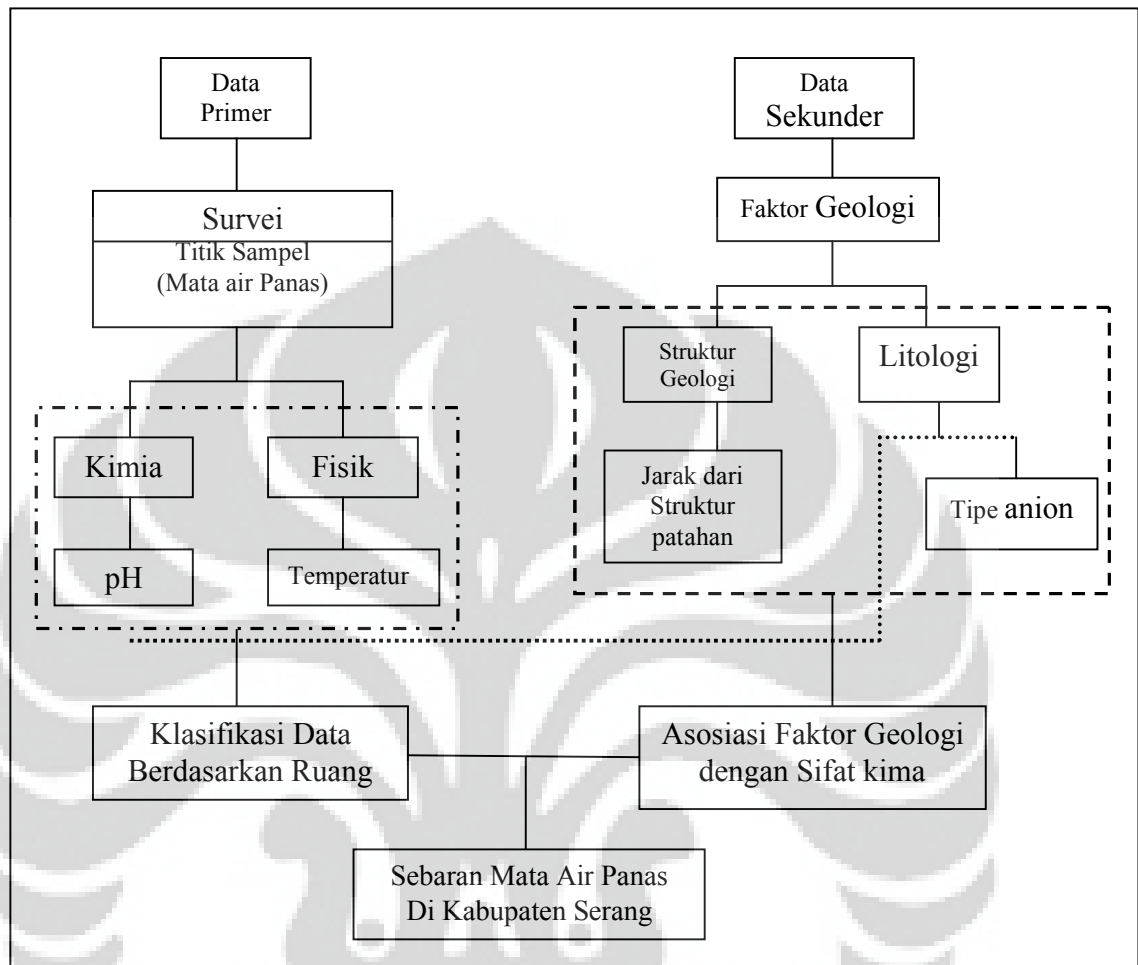
- e. Alat tulis
- f. Tabel isian survei lapang

III.5 Pengolahan Data

Seluruh data yang diperoleh dalam penelitian ini, baik data tabular maupun spasial, dibuat dan dioleh dengan sistem database berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan software ArcGIS 9.3. Peta dasar yang digunakan tahap pengolahan data berasal dari data primer dan data sekunder menghasilkan :

- a. Peta sebaran titik sampel
Diperoleh dengan menginput jumlah sebaran titik sampel sebanyak 28 titik, hasil survei lapang, dari GPS (*Global Positioning System*) yang ditampilkan dengan administrasi 4 kecamatan di Kabupaten Serang.
- b. Peta jenis batuan
Diperoleh dari peta digital geologi lembar Serang dan Anyer skala 1: 100.000 keluaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- c. Peta struktur geologi
Diperoleh dari peta digital struktur geologi lembar Serang dan Anyer skala 1: 100.000 keluaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
daerah penelitian terdiri dari ;
 - 1) Sesar normal, berarah baratbaratlaut – timurtenggara
 - 2) Sesar mendatar dan peremajaan normal
 - 3) Kelurusan berarah hampir utara – selatan
 - 4) Sesar mendatar berarah baratlaut – tenggara
- d. Peta sebaran mata air panas
Menginput hasil survei lapangan ke *software ArcGIS 9.3* lalu melakukan input data dengan peta variable geologi. Sehingga dapat diketahui sebaran mata air panas berdasarkan kondisi geologi yang berpengaruh terhadap sebaran suhu dan pH mata air panas.

Pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram alur kerja penelitian

III.6 Analisis Data

III.6.1 Analisis Deskriptif

Untuk menjawab masalah penelitian pertama “Bagaimana sebaran mata air panas yang ditinjau berdasarkan geologi dan sifat geokimia di wilayah penelitian?” analisis yang dilakukan adalah dengan menggunakan analisis deskriptif. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan secara deskriptif karakteristik lokasi pemunculan mata air panas pada daerah penelitian.

Untuk menjawab pertanyaan kedua “Bagaimana hubungan antara persebaran karakter mata air panas dengan kondisi geologi wilayah penelitian?” analisis yang digunakan adalah analisis *overlay*. Analisis *overlay* digunakan untuk melihat hubungan antar variabel dan interpretasi spasial dari persebaran karakteristik geokimia mata air panas yang didasarkan pada kondisi geologi.

III.6.2 Analisis Statistik

III.6.2.1 Analisis Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linier sederhana ialah suatu alat analisis dalam ilmu statistik yang berguna untuk mengukur hubungan matematis antara 2 peubah. Sebelum dapat melakukan analisis korelasi linier sederhana diperlukan syarat-syarat atau asumsi sebagai berikut :

1. Terdapat hubungan logika antara peubah yang akan diregresikan
2. Skala peubah sekurang-kurangnya skala selang (interval)
3. Terdapat studi awal (penelitian, referensi, jurnal, pustaka, dll) yang menunjukkan indikasi hubungan antara 2 peubah yang akan diregresikan
4. Terdapat hubungan sebab akibat antara 2 peubah yang akan diregresikan.

Dengan analisis statistik melalui metode regresi linier sederhana, dapat diketahui ada tidaknya hubungan antara suhu mataair panas dan jaraknya dengan patahan.

Hasil dari suatu analisis regresi linier tidak lain adalah persamaan linier $Y = a + bX$.

Y disebut dengan peubah terikat atau peubah respons atau peubah akibat, dalam hal ini adalah suhu mataair panas dengan patahan.

X disebut dengan peubah bebas atau peubah faktor atau peubah sebab, dalam hal ini adalah temperatur mataair panas. Dalam hal ini adalah jarak dari patahan.

a dan b disebut dengan parameter regresi dugaan atau statistik regresi

Statistik regresi dapat didapatkan dengan berbagai cara, diantaranya ialah dengan menggunakan metode tangan bebas dan metode kuadrat terkecil.

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil maka nilai a dan b dapat langsung dicari menggunakan rumus di bawah ini :

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}; \quad a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

Dimana $Y = a + bX$

III.6.2.2 Analisis Tetangga Terdekat

Analisis ini digunakan untuk menentukan pola sebaran mata air panas di wilayah penelitian, apakah *mengikuti pola random, mengelompok atau seragam*, yang ditunjukkan dari besarnya nilai T. Hasil dari analisis ini mengapa menunjukkan kecenderungan pada suatu pola tertentu, dikaitkan dengan analisis faktor yang menjelaskan kemunculan dan karakter mata air panas. Nilai T/ indeks penyebaran tetangga terdekat sendiri diperoleh melalui formula :

$$T = \frac{\overline{j_u}}{\overline{j_h}}$$

Dimana :

T = indeks penyebaran tetangga terdekat

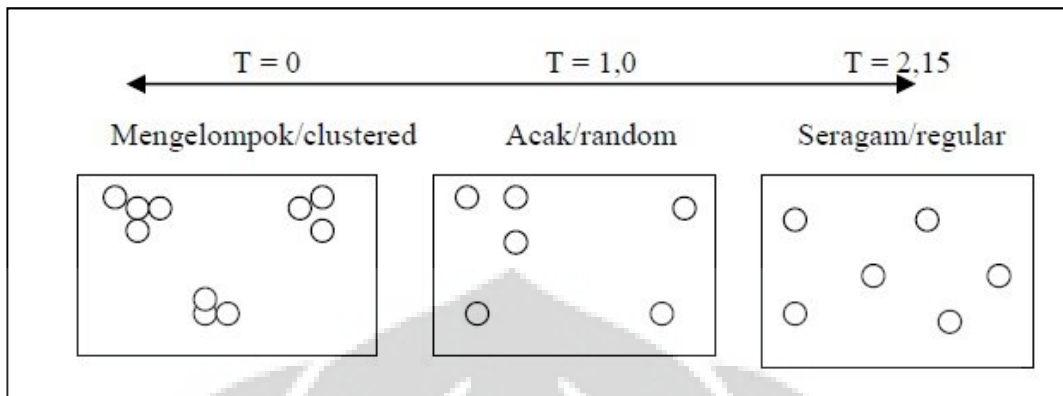
J_u = Jarak rata-rata yang diukur antara satu titik dengan tetangga yang terdekat

J_h = jarak rata-rata yang diperoleh andaikata semua titik mempunyai pola random

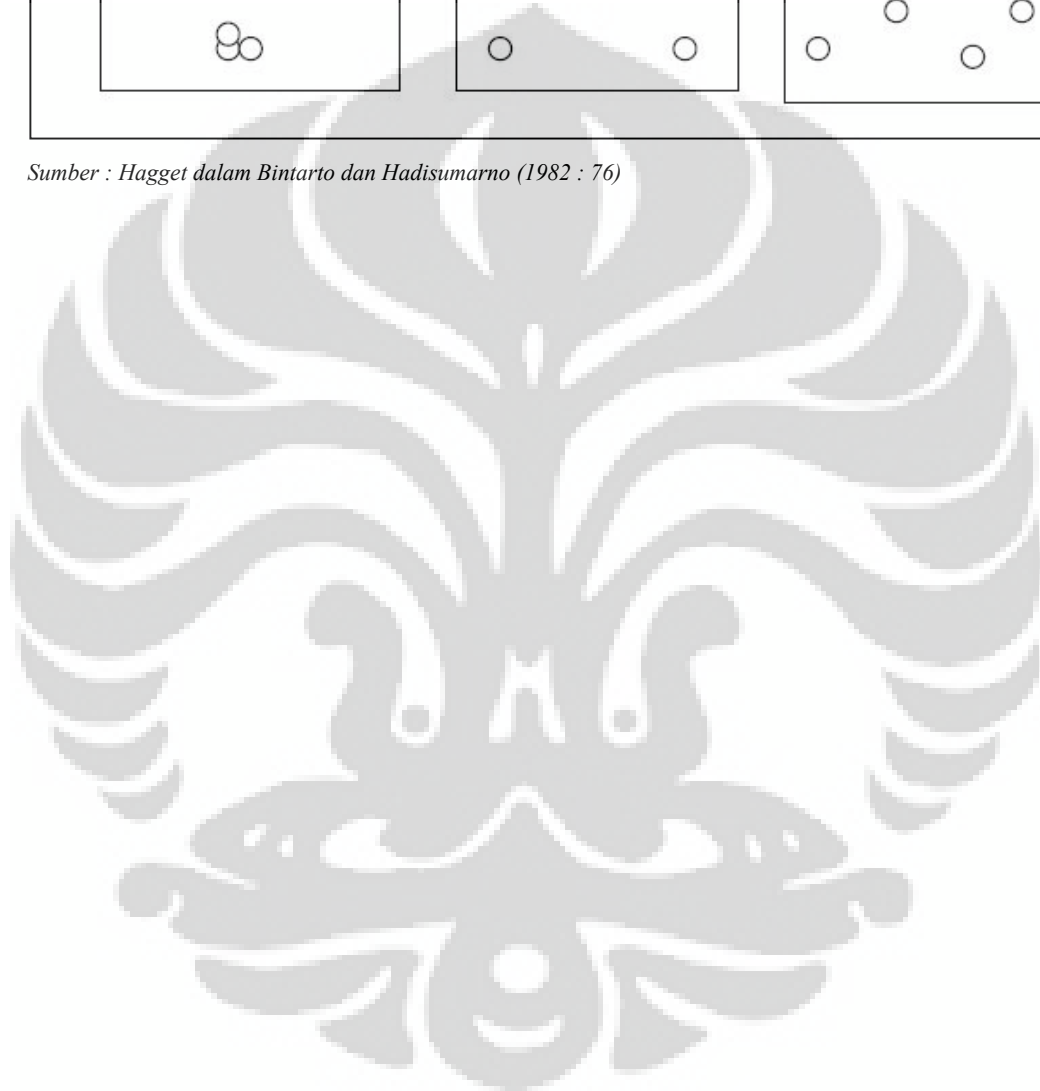
P = kepadatan titik dalam tiap kilometer per segi yaitu jumlah titik (N) dibagi luas wilayah (A)

(sumber: Bintarto, 1991. Metode Analisa Geografi. Jakarta: LP3ES)

Dari nilai T, selanjutnya diinterpretasikan dengan *Continum Nearest Neighbour Analysis*, sebagai berikut :



Sumber : Hagget dalam Bintarto dan Hadisumarno (1982 : 76)



BAB IV

FAKTA WILAYAH

IV.1 Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian melingkupi empat kecamatan di Kabupaten Serang. Antara lain: Kecamatan Cinangka, Kecamatan Padarincang, Kecamatan Mancak, dan Kecamatan Pabuaran. Secara astronomis wilayah penelitian terletak diantara $6^{\circ}7'$ - $6^{\circ}15'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}50'$ - $106^{\circ}10'$ Bujur Timur. Secara administratif batas-batas wilayah penelitian, adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Anyer, Kota Cilegon, Kabupaten Serang, dan Kota Serang
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Baros dan Kota Serang
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pandeglang dan Kecamatan Ciomas
- Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Sunda

Wilayah penelitian terdiri atas 4 kecamatan, yaitu Cinangka, Mancak, Pabuaran, dan Padarincang. Secara umum wilayah penelitian berada pada ketinggian 0- 800 meter dpl dan tersebar pada semua wilayah. Kondisi geologi di wilayah penelitian memungkinkan munculnya banyak mata air panas. Kemunculan mata air panas banyak terdapat di sekitar Rawadanau, umumnya disebut Cidanau yang merupakan daerah prospek panasbumi di Jawa yang ditunjukkan oleh adanya kemunculan banyak mataair panas.

Tabel 4.1 Luas Wilayah Kecamatan

No	Kecamatan	Luas (Km ²)	Presentase (%)
1	Pabuaran	79,14	21,76
2	Padarincang	99,12	27,25
3	Mancak	74,03	20,35
4	Cinangka	111,47	30,64
Total		363,76	100

Sumber : Bappeda Kabupaten Serang 2011

IV.2 Fisik Wilayah

IV.2.1 Morfologi Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian secara umum didominasi oleh satuan perbukitan dan satuan dataran danau. Satuan Dataran Danau yang merupakan bentukan kaldera Cidanau yang diakibatkan oleh depresi volcano tektonik. Kaldera ini berukuran 12 km x 5 km dan berarah timur laut - barat daya. Morfologi ini berada pada ketinggian 90 hingga 100 m. Hutan rawa yang mendominasi dataran ini dahulu, kini hanya dapat ditemukan di beberapa titik. Sebagian besar dataran ini telah dimanfaatkan oleh penduduk, sehingga daerah rawa-rawa kini telah diganti oleh petak-petak sawah. Satuan geomorfologi ini menunjukkan, bahwa daerah ini telah mengalami tingkat erosi yang tinggi dan dapat dikatakan telah memasuki jenjang dewasa.

Kubah-kubah lava dijumpai di sekeliling dataran danau. Di utara terdapat Gunung Gede (741 m), Tukung (708 m), Sarengan (711 m), dan lain-lain, sedangkan di selatan terdapat Gunung Tangkuang (615 m), Condong (794 m), Parakasa (990 m), Rangkong (415 m), dan lain-lain. Deretan kubah lava ini membentuk Satuan Morfologi Pegunungan Komplek Gunung Tukung di utara dan Pegunungan Komplek Gunung Tangkuang di selatan Satuan Dataran Danau. Di beberapa tempat, gawir-gawir terjal terbentuk dan membatasi Satuan Dataran Danau dari Satuan Pegunungan Komplek. Beberapa mataair juga muncul di perbatasan kedua satuan geomorfologi tersebut. Satuan geomorfologi di bagian barat didominasi oleh Satuan

Dataran Pantai. Satuan ini memanjang di pantai Selat Sunda dari Anyer hingga Labuan dengan lebar sekitar 1 km. Ketinggian morfologi ini tidak lebih dari 30 m.

IV.2.2 Geologi

Van Bemmelen (1949) membagi fisiografi Jawa-Barat menjadi lima, yaitu Dataran Pantai Jakarta, Zona Bogor, Zona Bandung, Zona Pegunungan Selatan, dan Zona Pegunungan Bayah. Struktur geologi wilayah penelitian terdiri dari formasi batuan dengan tingkat ketebalan dari tiap-tiap formasi berkisar antara 200 – 800 meter dan tebal keseluruhan diperkirakan melebihi 3.500 meter. Formasi Bojongmanik merupakan satuan tertua berusia Miosen akhir, batuanannya terdiri dari perselingan antara batu pasir dan lempung pasiran, batu gamping, batu pasir tufaan, konglomerat dan breksi andesit, umurnya diduga Pliosen awal. Berikutnya adalah Formasi Cipacar yang terdiri dari tuf batu apung berselingan dengan lempung tufaan, konglomerat dan napal glaukonitan, umurnya diperkirakan Pliosen akhir. Di atas formasi ini adalah Formasi Bojong yang terdiri dari napal pasiran, lempung pasiran, batu gamping kokina dan tuf. Batuan Gunung Api dapat dikelompokkan dalam batuan gunung api tua dan muda yang berumur Plistosen Tua hingga Holosen. Batuan terobosan yang dijumpai bersusunan andesit sampai basal. Batuan endapan termuda adalah aluvium dan endapan pantai yang berupa Kerikil, pasir, lempung, rombakan batu gamping, koral bercampur pecahan moluska atau kerang kerangan, gosong pantai dan gamping terumbu. Batuan endapan termuda adalah aluvium dan endapan pantai yang berupa Kerikil, pasir, lempung, rombakan batu gamping, koral bercampur pecahan moluska atau kerang kerangan, gosong pantai dan gamping terumbu.

IV.2.2.1 Litologi

Jenis batuan yang terdapat di wilayah penelitian berdasarkan peta geologi yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi skala 1 : 100.000. Geologi wilayah penelitian terdiri atas jenis batuan andesit, basalt, tufa, lava, breksi mekanik, dan piroklastik. Secara umum jenis batuan yang membangun wilayah

penelitian merupakan batuan endapan di bagian utara dan batuan gunung api di bagian selatan. Batuan vulkanik merupakan hasil erupsi gunung api, gunung api ini tergolong ke dalam pegunungan tengah dengan sifat keasaman intermediet (netral), sedang untuk pegunungan utara Jawa bersifat asam, pegunungan di bagian selatan bersifat basa.

Tabel 4.3 Jenis Batuan Wilayah Penelitian

No	Sandi	Formasi	Mulai Umur	Akhir Umur	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Qat	Andesit Pasir Terbang	Pleistosen	Pleistosen	35	0,02
2	Qa	Aluvial	Holosen	Holosen	3202	1,78
3	Qhv	Batuan Vulkanik Pandil Raung	Pleistosen	Holosen	35250	19,63
4	Qk1	Kolovium	Holosen	Holosen	702	0,39
5	Qpd	Batuan gunungapi tua danau	Pliosen	Pleistosen	569	0,32
6	Qptb	Tufa Banten bagian bawah	Pleistosen	Pleistosen	953	0,53
7	Qpva	Tufa Banten Atas	Pleistosen	Holosen	68592	38,19
8	Qpvk1	Formasi Kalibaru	Pleistosen	Pleistosen	654	0,36
9	Qpvm	Batuan Gunungapi Marikangen	Pleistosen	Pleistosen	3007	1,67
10	Qpvp1	Batuan Gunungapi Barang dan Gedo	Pleistosen	Pleistosen	125	0,07
11	Qr	Endapan rawa danau	Holosen	Holosen	6570	3,66
12	Qvd	Batuan gunungapi muda Danau	Pleistosen	Pleistosen	6245	3,48
13	Qvk2	Produk gunungapi Karang	Pleistosen	Holosen	48273	26,88
14	Qvtb	Tufa Banten Atas	Pleistosen	Pleistosen	5441	3,03

Sumber : Pengolahan data pada peta Geologi lembar Serang, Puslitbang Geologi, Bandung

Bagian selatan wilayah penelitian merupakan daerah yang banyak ditemui manifestasi geotermal berupa mata air panas. Hal ini disebabkan oleh kondisi geologi daerah tersebut. Geologi permukaan di daerah selatan didominasi oleh batuan hasil dari kegiatan gunungapi berumur Kuartar, seperti lava, breksi, tufa dan batuan piroklastik lainnya (Santosa, 1991). Batuan vulkanik tertua di daerah penelitian merupakan hasil gunung api basalt yang terbentuk selama aktivitas pra-kaldera berumur Pliosen Akhir. Batuan ini tidak tersingkap di daerah penelitian. Pada Pleistosen Awal terjadi erupsi besar dan menghasilkan lava andesit dan andesit basaltik, serta piroklastik. Lava ini meliputi dasit di Gunung Gede-Tukung di utara dan diorit (Qdi) di Gunung Rangkong di barat daya. Diorit Rangkong sendiri berkandungan intermediet hingga asam (Santosa, 1991), komposisi diorit Rangkong sangat asam dengan kandungan SiO₂ mencapai 74,5%. Erupsi yang membentuk kompleks vulkanik yang besar tersebut kemudian diikuti oleh erupsi eksplosif yang disertai runtuhnya struktur vulkanik yang telah ada. Aktivitas ini membentuk kaldera Cidanau (Rawadanau) yang dikelilingi oleh kubah-kubah lava yang tertutupi oleh endapan piroklastik aliran berbatuapung. Batuan ini diuraikan oleh Santosa (1991) sebagai Batuan Gunungapi Danau Tua (Qpd) dan Batuan Gunungapi Danau Muda (Qvd) yang terdiri dari lava andesit hingga basalt, breksi gunung api dan tufa; Tufa Banten Bawah (Qptb) yang terdiri dari tufa breksi, konglomerat, tufa berbatu apung, tufa lapili dan tufa pasir; dan Tufa Banten Atas (Qvtb) yang terdiri dari tufa berbatuapung, tufa pasir, tufa kristal, tufa lapili, tufa gelas dan sisipan tufa lempungan (Peta 3).

IV.2.2 Struktur Geologi

IV.2.2.1 Sesar

Struktur geologi di wilayah penelitian didominasi oleh sesar berarah barat laut – tenggara dan barat - timur (Santosa, 1991). Sesar yang muncul pada wilayah penelitian antara lain :

- 1) Sesar normal, berarah baratbaratlaut – timurtenggara
- 2) Sesar mendatar dan peremajaan normal

- 3) Kelurusan berarah hampir utara – selatan
- 4) Sesar mendatar berarah barat laut – tenggara

Berdasarkan penyebarannya yang radial mengikuti bentuk kaldera Cidanau, diduga sesar-sesar ini merupakan sesar normal yang diakibatkan oleh depresi volkano-tektonik Cidanau. Batuan-batuan produk gunung api muda yang terpotong oleh sesar ini menunjukkan, bahwa sesar-sesar ini sebenarnya berumur tua, tetapi diaktifkan kembali. Sesar-sesar tersebut berhubungan dengan Sistem Sesar Lampung di Sumatera. Sesar-sesar berarah barat laut - tenggara dan barat - timur ini juga mengontrol kemunculan beberapa air panas di daerah penelitian. Sesar berarah utara - selatan juga teramati di bagian utara daerah penelitian, yaitu di Gunung Tukung dan Sarengan. Sesar ini diduga terbentuk sebagai akibat daripembentukan sesar barat laut - tenggara Gunung Tukung. Di bagian lain di wilayah penelitian, tren utara - selatan ini hanya teramati melalui foto udara dan merupakan sesar-sesar berumur muda.

IV.2.3.2 Gawir

Gawir-gawir terjal terbentuk di sepanjang kaldera Cidanau di sekitar Cidanau dan Mancak . Gawir ini merupakan struktur tua berupa sesar turun yang terbentuk akibat pembentukan kaldera Cidanau. Termasuk dalam struktur tua adalah struktur kaldera Gunung Tukung di utara daerah penelitian dan Gunung Tangkuang dan Parakasa di selatan wilayah penelitian. Topografi Cidanau yang melingkar dengan dikelilingi oleh gawir-gawir yang terjal menunjukkan, bahwa Cidanau merupakan sebuah kaldera. Tidak dijumpainya endapan piroklastik di sekitar Cidanau menunjukkan, bahwa Cidanau terbentuk karena runtuhan, bukan letusan. Gawir-gawir yang terbentuk merupakan struktur geologi yang terbentuk menerus hingga bawah permukaan dan berperan sebagai media mengalirnya air panas bumi dari reservoir ke permukaan. Pola hidrogeokimia di bawah permukaan Cidanau sendiri tidak dapat digambarkan. Demikian halnya dengan peran pembentukan Cidanau terhadap aktivitas panas bumi di wilayah penelitian.

IV.2.3 Stratigrafi

Geologi permukaan di daerah penelitian didominasi oleh batuan hasil dari kegiatan gunungapi berumur Kuartar, seperti lava, breksi, tufa dan batuan piroklastik lainnya (Santosa, 1991). Batuan vulkanik tertua di wilayah penelitian merupakan hasil gunungapi basalt yang terbentuk selama aktivitas pra-kaldera berumur Pliosen Akhir. Batuan ini tidak tersingkap di wilayah penelitian. Pada Pleistosen Awal terjadi erupsi besar dan menghasilkan lava andesit dan andesit basaltik, serta piroklastik. Lava ini meliputi dasit di Gunung Gede-Tukung di utara dan diorit (Qdi) di Gunung Rangkong di barat daya. Erupsi yang membentuk kompleks vulkanik yang besar tersebut kemudian diikuti oleh erupsi eksplosif yang disertai runtuhnya struktur vulkanik yang telah ada. Aktivitas ini membentuk kaldera Cidanau yang dikelilingi oleh kubah-kubah lava yang tertutupi oleh endapan piroklastik aliran berbatuapung. Batuan ini diuraikan oleh Santosa (1991) sebagai Batuan Gunungapi Danau Tua (Qpd) dan Batuan Gunungapi Danau Muda (Qvd) yang terdiri dari lava andesit hingga basalt, breksi gunung api dan tufa; Tufa Banten Bawah (Qptb) yang terdiri dari tufa breksi, anglomerat, tufa berbatu apung, tufa lapili dan tufa pasiran; dan Tufa Banten Atas (Qvtb) yang terdiri dari tufa berbatuapung, tufa pasiran, tufa kristal, tufa lapili, tufagelas dan sisipan tufa lempungan.

Aktivitas vulkanik selanjutnya terjadi di selatan Cidanau, yaitu dengan terjadinya erupsi berkomposisi andesit basaltik di Gunung Parakasa. Erupsi selanjutnya terjadi di Gunung Aseupan, Pulosari dan Karang yang membentuk gunung api strato berkomposisi andesit hingga andesit basaltik di wilayah penelitian, Santosa (1991) menyebutkan batuan ini sebagai Batuan gunungapi muda (Qhv) yang terdiri dari breksi gunungapi, lava, tufa, aliran lahar dan hasil erupsi gunungapi lainnya. BEICIP (1979) menyebutkan, bahwa batuan-batuan vulkanik berumur Plio-Kuartar tersebut di atas menindih secara tidak selaras batuan sedimen dan vulkanik berumur Tersier, seperti batugamping, piroklastik dan batuan sedimen laut dan darat lainnya. Data geofisika menyebutkan, bahwa batuan dasar kristalin tersebut miring dan bertambah tebal ke selatan (BEICIP, 1979). Selanjutnya Santosa (1991)

menyebutkan, bahwa endapan paling muda yang terdapat di daerah penelitian merupakan endapan rawa pantai (Qr) yang hadir di Padarincang hingga Cidanau dan endapan pantai (Qa) yang tersebar di sekitar garis pantai Selat Sunda. Endapan-endapan ini terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan kerakal batupung. Koluvium (Qk) merupakan reruntuhan, talus, rombakan dan urugan yang berasal dari batuan gunungapi yang tersebar di antara morfologi pegunungan dan dataran danau.

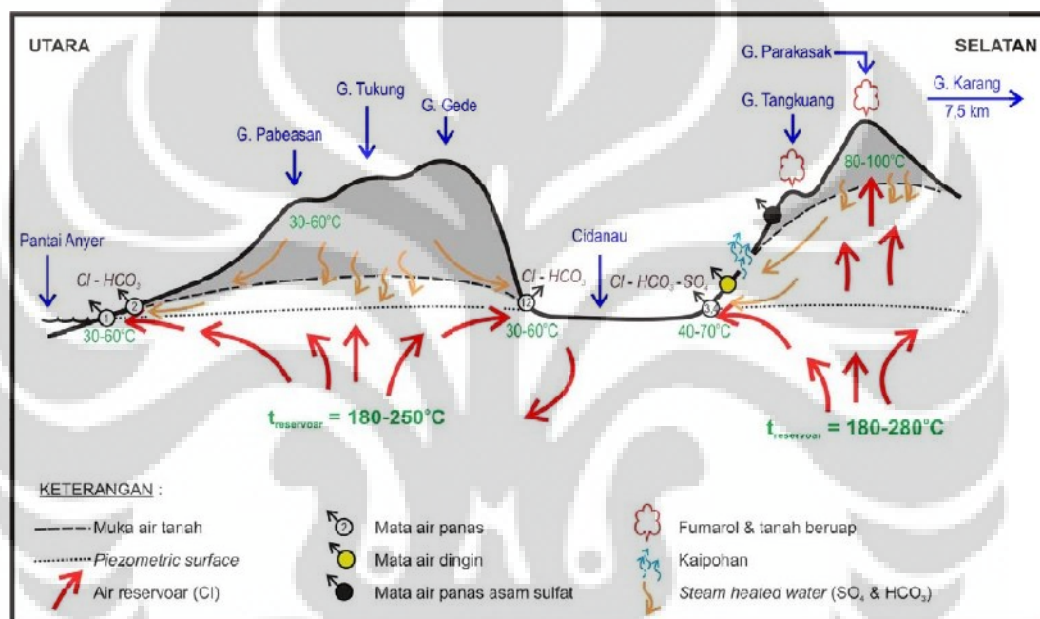
IV.2.4 Hidrogeologi

Wilayah penelitian didominasi oleh akuifer dengan aliran air tanah antar butir dan rekahan, kemudian terbagi menjadi 4 satuan hidrogeologi (Suryaman, 1999), yaitu akuifer pada endapan tufa Banten atas dan endapan vulkanik muda, akuifer pada endapan gunungapi muda, akuifer pada endapan aluvial pantai dan danau, dan non akuifer.

Daerah penelitian didominasi oleh akuifer dengan aliran air tanah antar butir dan rekahan. Daerah penelitian terbagi menjadi beberapa satuan hidrogeologi, yaitu akuifer pada endapan tufa Banten atas dan endapan vulkanik muda, akuifer pada endapan gunungapi muda, akuifer pada endapan aluvial pantai dan danau, dan non akuifer (Suryaman, 1999).

1. Akuifer pada endapan tufa Banten dan endapan vulkanik muda mendominasi daerah penelitian. Pada akuifer ini terdapat beberapa lapisan akuifer dengan ketebalan 5 hingga 25 m dengan muka air tanah statis yang umumnya berada 5 hingga 27 m di bawah muka tanah setempat. Sumur-sumur air tanah pada akuifer ini mempunyai debit aliran yang rendah, yaitu 5 L/detik.
2. Akuifer pada endapan gunungapi muda terletak di bagian selatan daerah penelitian, yaitu di Padarincang dan sekitarnya. Akuifer ini terdiri dari beberapa lapisan akuifer dengan ketebalan antara 5 hingga 50 m. Muka air tanah pada akuifer ini bersifat statis dan berada pada kedalaman lebih dari 1 m. Debit air tanah yang keluar dari sumur-sumur di daerah ini sangat tinggi, yaitu antara 10 hingga 25 L/detik.

Akuifer dengan sistem aliran melalui ruang antar butir dan rekahan dijumpai pada endapan aluvial danau dan endapan gunungapi muda. Akuifer ini terdapat di Cidanau dan sekitarnya.. Akuifer ini terdiri dari beberapalapisan akuifer yang mempunyai ketebalan antara 5 dan 25 m. Daerah di sekitar puncak Gunung Gede, Tukung, Rangkong, Tangkuang dan Parakasa merupakan daerah yang tidak permeabel. Suryaman (1999) menyebutkan, bahwa daerah ini tidak mempunyai akuifer yang mengandung air tanah yang berarti.



Gambar 4.1 Model umum sistem panasbumi di daerah Cidanau dan sekitarnya.

[sumber : Herdianita, N.R, 2007]

Air panas yang muncul di wilayah penelitian ini berasal dari proses volkano-magmatik. Asal air panas adalah air meteorik yang mengalami pemanasan, tanpa proses pencampuran dengan fluida magmatik atau air laut. Pada wilayah depresi Cidanau didominasi oleh mataair panas bikarbonat yang bersifat netral dengan suhu 37 – 70 °C, sementara pada wilayah yang tinggi seperti di Gunung Tangkuang dapat ditemui mataair panas dengan suhu mencapai 100 °C. Mata air panas yang ditemui di wilayah Cidanau merupakan aliran dari akuifer gunung-gunung yang mengelilingi

kaldera Cidanau. Air yang terpanaskan mengalir melalui perjalanan cukup jauh sehingga ketika sampai pada wilayah sekitar Cidanau, suhu air mengalami penurunan. Berdasarkan penyebarannya, air panas di daerah penelitian berasal dari akuifer yang berbeda, yaitu dari Gunung Tukung di utara dan Tangkuang di selatan, sehingga kemungkinan karakteristiknya juga berbeda. Bagian utara didominasi oleh akuifer pada endapan tufa Banten yang mempunyai muka air tanah yang dalam, yaitu 5 hingga 27 m di bawah muka tanah setempat. Di bagian ini merupakan daerah non akuifer. Sebaliknya, bagian selatan merupakan akuifer yang baik pada endapan gunungapi muda dengan muka air tanah yang dangkal dan debit air yang tinggi. Bagian utara dan selatan daerah penelitian diduga mempunyai reservoir air panas yang berbeda (Suryaman, 1999).



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1 Pola sebaran mata air panas di wilayah penelitian

Terdapat 28 titik sampel mata air panas yang diteliti di wilayah penelitian. Wilayah penelitian ini memiliki karakteristik fisik wilayah yang mendukung kemunculan mata air panas di daerah penelitian. Setiap mata air panas yang tersebar di berbagai lokasi memiliki karakteristik beragam, dalam hal ini ditinjau dari fisik wilayah dan karakteristik mata air panas (suhu, pH, dan kandungan kimia). Seluruh sampel mataair panas di wilayah penelitian berada pada kelas ketinggian kategori dataran rendah antara 92 – 135 mdpl dengan kemiringan yang landai. Sebaran mataair panas yang ditemui dilapangan lokasinya berdekatan satu sama lain dan membentuk pola mengumpul (Lampiran 3).

V.2 Karakteristik Kimia Mata air Panas

V.2.1 pH

V.2.1.1 Mata Air Panas dan Jenis Batuan

Dalam penelitian ini dicari hubungan antara tingkat keasaman suatu mata air dengan jenis batuan dasar. Menurut Asdak (2004), Sifat asam dan basa suatu mata air ditentukan oleh sifat batuan reservoir. Berbeda jenis batuan, berbeda pula sifat keasaman atau kebasaan mata air. pH mata air panas di wilayah penelitian berkisar 6 – 8, yakni cenderung netral. Litologi lokasi sampel memiliki batuan dasar reservoir yang berupa jenis batuan sedimen vulkanik. Diindikasikan merupakan produk kontak antara fluida asam yang berhubungan dengan sistem panas bumi dengan batuan sedimen, sehingga terjadi netralisasi membentuk mata air panas yang bersifat netral (Kusnadi, 2006). Maka secara umum sifat netral pada mataair panas berhubungan dengan jenis batuan pada akuifer yang dilalui, yaitu batuan sedimen (Lampiran Tabel 1)

Nilai pH rata-rata paling tinggi adalah mataair pada litologi Batuan Vulkanik Pandil Raung dengan jumlah lokasi mataair terbanyak (Tabel 5.3). Kemunculan mataair panas ini berhubungan dengan aktivitas gunungapi kuartar Pandil Raung yang menimbulkan rekahan-rekahan pada kakinya yang memicu munculnya mataair yang terpanaskan oleh sistem geothermal gunungapi tersebut. Pada litologi Endapan Rawadanau, ditemui 10 lokasi mataair panas dengan rata-rata nilai pH lebih rendah dari mataair panas pada litologi Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv) dan Formasi Kalibaru (Qpvk1). Sementara mata air panas pada Formasi Kalibaru hanya ditemui 2 titik yang berasosiasi dengan sesar mendatar berarah baratlaut-tenggara. Nilai rata-rata pH mataair panas (6 – 8.5) merupakan kategori netral hingga cenderung basa (Nasution et al, 2006).

Tabel 5.3 Nilai pH rata-rata dengan jenis batuan

Jenis Batuan	pH Rata-rata	Jumlah Titik
Endapan Rawadanau (Qr)	7,64	10
Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)	7,85	16
Formasi Kalibaru (Qpvk1)	7,8	2

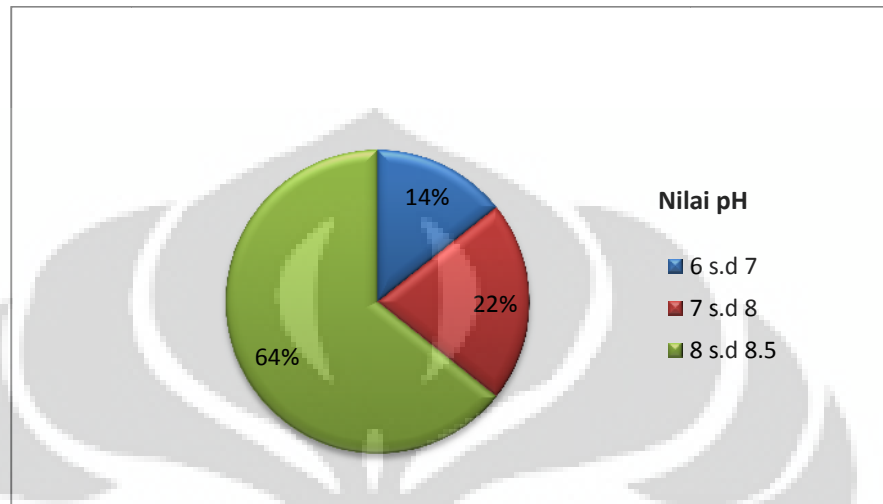
[Sumber : Pengolahan Data, 2012]

Klasifikasi nilai pH dibagi atas 3 kelas, yaitu :

- pH 6 - 7
- pH 7 – 8
- pH 8 – 8,5

Mata air panas dengan nilai pH 8 – 8,5 mendominasi wilayah penelitian (peta 6). Hal ini diduga akibat pengaruh dari campur tangan manusia terhadap pengelolaan mataair panas di sebagian lokasi. Masyarakat memanfaatkan sebagian lokasi mata air panas sebagai tempat pemandian atau kegiatan mencuci. Sehingga terjadi

kontaminasi air oleh sabun atau deterjen sehingga ada perubahan sifat awal mata air yang netral menjadi cenderung basa.



Gambar 5.1 Presentase pH mataair panas di wilayah penelitian
[Pengolahan Data, 2012]

5.2.1.2 Tipe Anion Mata Air Panas

Nilai pH sampel yang variatif dari 6 – 8,5 menggambarkan bahwa pH mata air panas di daerah penelitian bersifat sedikit asam hingga basa lemah. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan perbedaan tipe mata air panas. Yaitu mata air panas yang asam termasuk kedalam tipe air sulfat dan mata air dengan pH netral termasuk ke dalam tipe mata air bikarbonat. Di wilayah penelitian hanya ditemukan satu tipe mata air panas yaitu tipe bikarbonat (HCO_3). Hal ini berkaitan dengan pH mataair panas yang cenderung netral dan memiliki kandungan bikarbonat yang lebih tinggi dibandingkan dengan klorida atau sulfat.

Ellis (1979) melihat hubungan antara komposisi batuan reservoir dan kimia air panas. Batuan yang berpengaruh di daerah reservoir utara adalah basalt, sedangkan reservoir selatan lebih dipengaruhi oleh batuan berkomposisi andesit dan riolit. Pengaruh air tanah dan permukaan sebenarnya juga terlihat dari tipe air panas

yang kebanyakan berupa air HCO_3^- . Air HCO_3^- tersebut terbentuk di dekat permukaan karena proses steam heating, yaitu kondensasi uap air panas dengan air tanah. Karena muka air tanah di daerah selatan jauh lebih dangkal dibanding muka air tanah di daerah utara, di selatan proses kondensasi. Di utara, daerah di sekitar puncak Gunung Gede, Tukung, Rangkong, Tangkuang dan Parakasa merupakan daerah yang tidak permeabel. Daerah ini tidak mempunyai akuifer yang mengandung air tanah yang berarti. Sementara di bagian selatan banyak dipengaruhi air permukaan yang berasal dari air hujan. Adapun asal air bikarbonat yaitu berasal dari Air hujan yang jatuh ke permukaan, sebagian langsung diuapkan sebelum menyentuh permukaan, dan sebagian lagi diuapkan setelah berhubungan dengan batuan atau material permukaan. Berikut adalah reaksi pembentukan air bikarbonat :



Pada tabel 5.4 diperlihatkan pengelompokan mata air panas berdasarkan parameter kimia air mata air panas yang terdapat pada wilayah penelitian seluruh dari sampel mata air panas yang diambil termasuk ke dalam tipe air bikarbonat. Mata air panas tipe bikarbonat ini dicirikan oleh :

- a. Tingginya nilai konsentrasi HCO_3^- (lebih dari 200 mg/L), mempunyai pH mendekati normal (6 – 8,5)
- b. Terdapat pada ketinggian rendah dari permukaan laut. Terjadi dekat dengan permukaan daerah vulkanik geotermal yang terdapat uap yang mengandung karbondioksida dan hidrogen sulfida yang terkondensasi ke dalam akuifer. Mata air panas bikarbonat umumnya terdapat pada ketinggian <1000 mdpl.

Tabel 5.4 Karakteristik Kimia Mata Air Panas

Mata air panas	Konsentrasi (mg/L)			Tipe anion Mataair Panas
	Cl-	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
Batukuwung 1	73,97	190,08	275,33	Bikarbonat
Batukuwung 2	123,29	35,21	312,29	Bikarbonat
Bubulak 1	52,46	9,14	418,29	Bikarbonat
Bubulak 2	123,29	23,26	264,74	Bikarbonat
Sadatani	197,2	0,21	399,17	Bikarbonat
Kajaroan	330,54	0,21	53,13	Bikarbonat

[Sumber : Kelompok Keahlian Geologi Terapan (KKGTT)- FITB, 2007]

Dari lima sampel mataair panas diatas yang merupakan tipe anion bikarbonat, maka diprediksi bahwa kelima sampel tersebut representatif terhadap seluruh sampel. Sehingga diasumsikan seluruh sampel mataair panas di wilayah penelitian merupakan tipe anion bikarbonat. Dugaan ini didasarkan atas klasifikasi nilai pH yang sama netral dan satu kelas ketinggian yang sama (<500 mdpl).

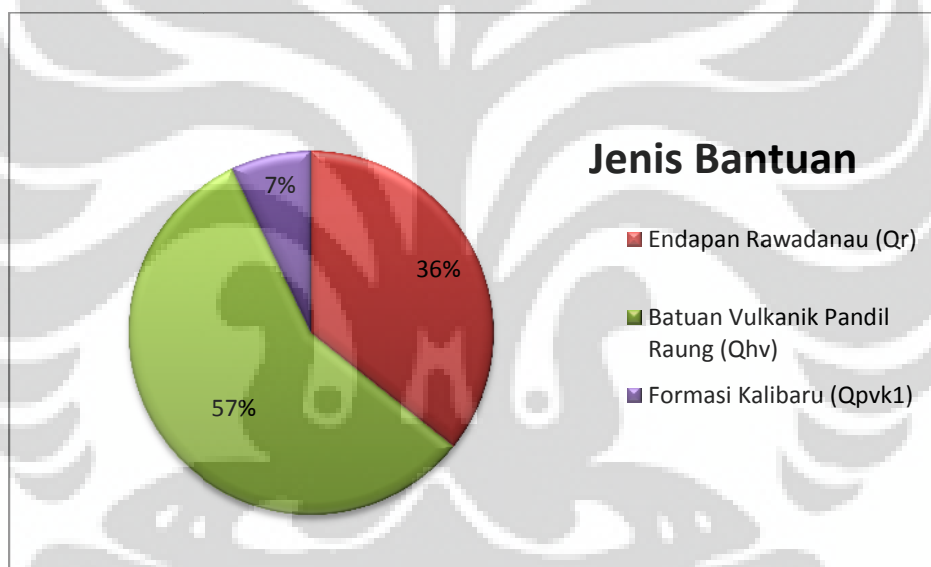
Namun karena keterbatasan data, peneliti masih mengantisipasi kekeliruan yang mempengaruhi keakuratan hasil penelitian terkait sebaran tipe anion mata air panas di wilayah penelitian. Sehingga masih dibutuhkan sumber-sumber data valid yang dapat mendukung kebenaran hipotesa.

5.2.2 Mataair Panas dengan Geologi

5.2.2.1 Mataair Panas dengan Jenis Batuan

Persebaran lokasi mata air panas terhadap jenis batuan dapat dilihat pada peta 5 pada lampiran. Dari peta tersebut dapat terlihat bahwa mata air panas terdapat pada 3 jenis batuan. Antara lain ; Endapan Rawadanau (Qr), batuan vulkanik Pandil Raung (Qhv), dan batuan formasi Kalibaru (Qpvk1). Fisiografi wilayah penelitian termasuk dalam zona yang dipengaruhi oleh gunung api Kuarter, didominasi oleh Satuan Dataran Danau yang merupakan bentukan kaldera Cidanau yang diakibatkan oleh depresi volkano-tektonik. Kaldera ini berukuran 12 km x 5 km

dan berarah timur laut - barat daya yang diakibatkan oleh depresi volkano-tekonik jenis batuan yang mendominasi merupakan batuan sedimen hasil erupsi gunungapi berupa reruntuhan, talus, rombakan dan urugan yang berasal dari batuan gunungapi yang tersebar di antara morfologi pegunungan dan dataran danau. Perlapisan antara batuan yang bersifat porous, seperti bahan-bahan piroklastis atau bahan-bahan aluvium di bagian atas, dengan batuan yang bersifat kedap air, seperti batuan beku di bagian bawah yang relatif kompak, juga akan menyebabkan mengalirnya airtanah melalui batas perlapisan tersebut, dan muncul sebagai mata air kontak (Monroe, 2006). Kemunculan mata air panas paling banyak ditemui pada jenis batuan Vulkanik Pandil Raung yang berasosiasi dengan keberadaan gunung api dan patahan.



Gambar 5.2 Presentase Jumlah Sampel Mata Air Panas Terhadap Jenis Batuan
[Pengolahan Data, 2012]

5.2.2.2 Temperatur Mata Air Panas dengan Patahan

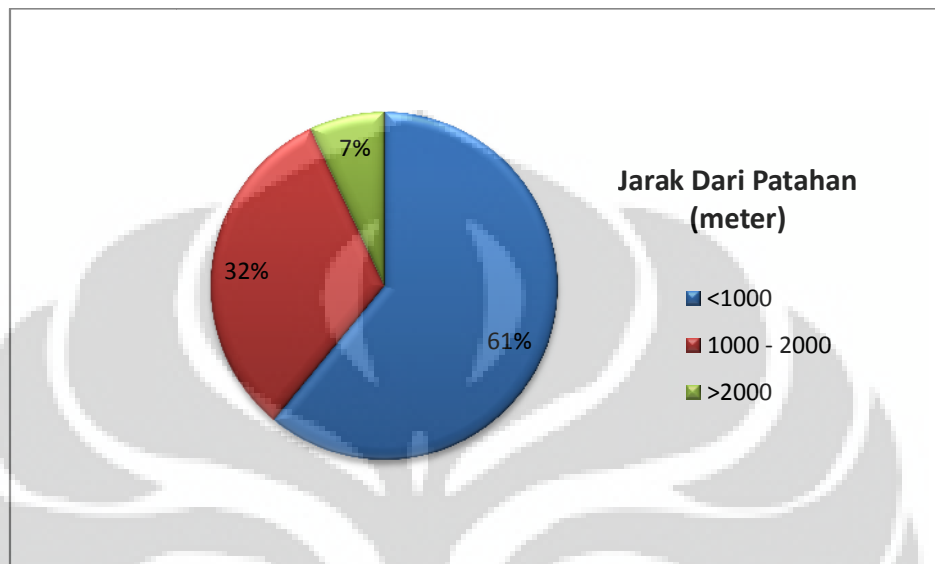
Temperatur mataair panas di wilayah penelitian memiliki nilai yang bervariasi antara 37 °C - 70 °C. Tidak ada hubungan secara langsung antara jenis batuan maupun struktur letaknya berdasarkan struktur geologi terhadap temperatur mata air panas.

Air panas yang muncul ke permukaan bersumber dari air meteorit yang terpanasi oleh sistem gunungapi tua atau terpanasi oleh sumber panas yang dihasilkan oleh energi mekanik pensesaran (proses geologi). Pada wilayah penelitian, mata air panas umumnya muncul pada daerah sekitar terdapatnya patahan/ sesar. Karena daerah daerah penelitian merupakan prospek panasbumi yang berasosiasi dengan aktivitas vulkanik kuarter, sehingga daerah ini mempunyai pelamparan prospek yang luas dan permeabilitas reservoir yang lebih besar yang diakibatkan oleh perkembangan struktur geologi yang sudah matang (*mature*) (Miryani, 2006).

Adanya pemunculan gejala panasbumi berupa mata air panas di permukaan yang mengindikasikan adanya struktur sesar yang berfungsi sebagai media transfer panas ke permukaan. Karena sebagai salah satu syarat munculnya mata air panas diperlukan faktor struktur geologi yang mendukung, seperti terdapatnya celah/ rekahan sebagai akses bagi keluaran manifestasi tersebut. Pada daerah penelitian terdapat banyak sesar dan gawir, baik sesar yang berarah barat laut – tenggara ataupun timurlaut- barat daya yang merupakan struktur kontrol geologi panasbumi yang berkembang pada daerah penelitian. Hal ini yang mendukung pemunculan mata air panas yang tersebar di berbagai lokasi.

Jika dilihat pada peta 5, kecenderungan munculnya mata air panas terdapat pada daerah yang memiliki struktur geologi patahan/sesar dan kedekatan dengan gunungapi. Selain itu dapat juga ditunjang oleh struktur geologi yang berupa gawir seperti mata air panas Kajaroan yang terdapat pada gawir dekat dengan sungai Cidanau. Sebagian sampel ditemukan di Kecamatan Padarincang. Kemunculan banyak mata air panas ini tidak dikaitkan dengan keberadaan sesar ataupun gawir, melainkan lokasi dari kemunculan banyak mata air panas ini berada pada jenis batuan vulkanik Pandil Raung yang berasal dari batuan gunungapi tua Danau, dari kaki gunung hingga ke kaldera Cidanau. Diduga terdapat banyak rekahan batuan dan

dipengaruhi oleh magma dangkal sehingga memunculkan manifestasi mataair panas di daerah tersebut.



Gambar 5.3 Presentase Jumlah Sampel Mata air Panas terhadap jarak dari patahan
[Sumber : Pengolahan Data, 2012]

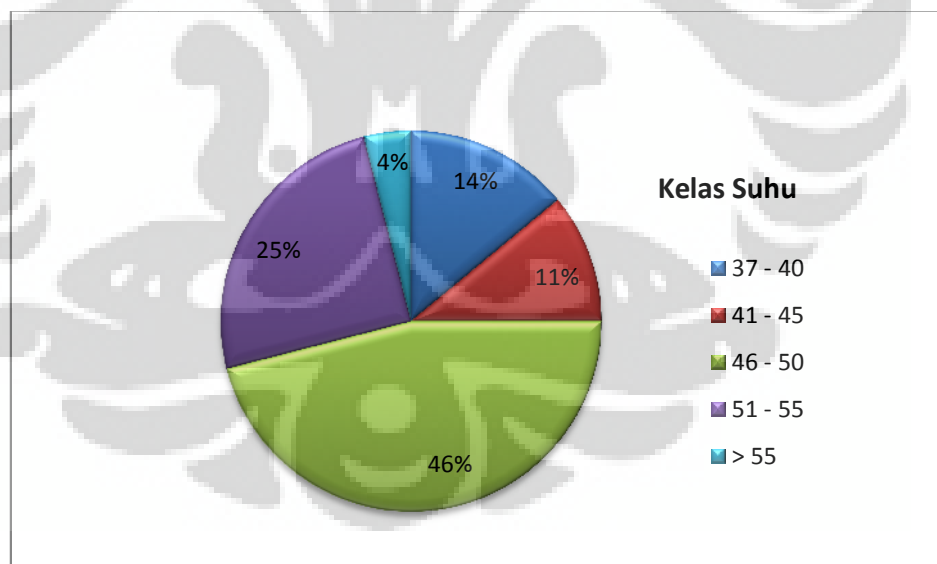
Dengan demikian dapat dikatakan bahwa struktur geologi dan rekahan batuan di wilayah penelitian menentukan kemunculan mata air panas. Selain itu peranan struktur geologi sangat penting sebagai kontak geologi dan panas bumi, di samping merupakan media saluran naiknya panas ke permukaan dan berfungsi sebagai tempat akumulasi panas sepanjang patahan tersebut.

Pada gambar 5.3 dapat dilihat bahwa sampel terbanyak ditemui pada daerah dengan jarak patahan < 1000 meter, terbanyak kedua adalah pada jarak 1000-2000 meter. Pada jarak >2000 meter lebih sedikit ditemui lokasi mataair panas. ini memperlihatkan adanya hubungan antara jarak dengan patahan dengan banyaknya lokasi mataair panas yang ditemui. Semakin dekat dengan patahan, semakin banyak mataair panas yang muncul.

Mata air panas di wilayah penelitian memiliki suhu 37°C - 70°C . mulai dari hangat sampai panas. Klasifikasi suhu mata air panas di wilayah penelitian di bagi menjadi 5 kelas, antara lain :

- Mata air dengan temperatur 37°C - 40°C
- Mata air dengan temperatur 41°C - 45°C
- Mata air dengan temperatur 46°C - 50°C
- Mata air dengan temperatur 51°C - 55°C
- Mata air dengan temperatur $> 55^{\circ}\text{C}$

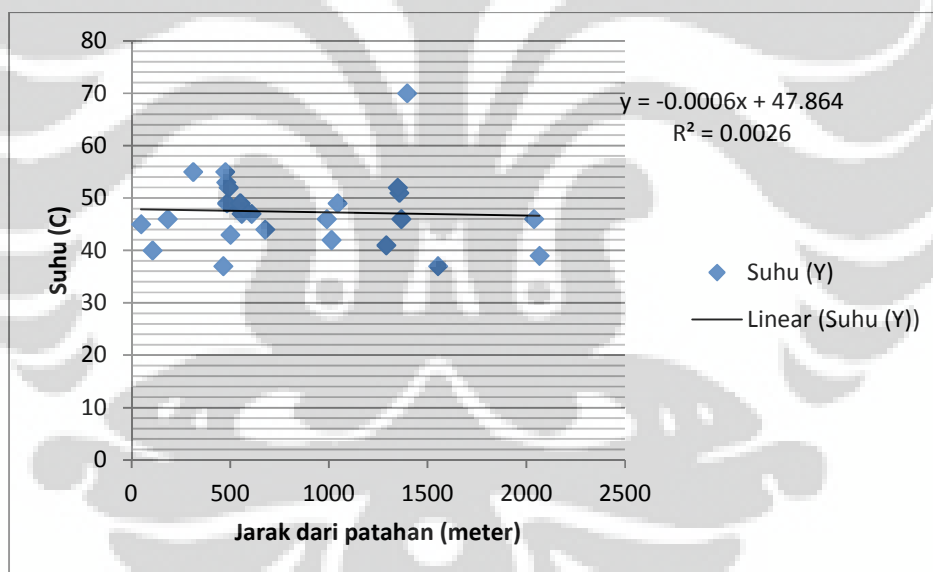
Jumlah sampel terbanyak adalah mataair dengan suhu antara 46°C - 50°C yang tersebar diberbagai titik. Sementara itu terdapat anomali suhu mataair panas di satu titik, yaitu mata air panas Batukuwung 1 yang merupakan objek wisata pemandian air panas di Padarincang. Hal ini diduga akibat pengaruh dari magma dangkal di lokasi tersebut yang berasosiasi dengan keberadaan gunung api kuarter Danau.



Gambar 5.4 Presentase Temperatur Mata air Panas

[Sumber : Pengolahan Data, 2012]

Sumber mata air panas yang memiliki jarak terdekat dengan patahan adalah mata air panas Kajaroan yaitu sejauh 48,6 meter dengan suhu 45 °C. Sementara sumber mataair panas terjauh dari patahan dengan jarak sepanjang 2065.8 meter adalah sumber mataair panas Cikirai 2 di Rawadano, memiliki suhu 39 °C. Sumber mataair panas Batukuwung 1 dengan suhu tertinggi sebesar 70°C yaitu berada sejauh 1396 meter dari patahan terdekat namun tingginya suhu mata air ini diduga berhubungan dengan Gunungapi Danau (Lampiran Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa patahan/lipatan tidak mutlak mempengaruhi suhu suatu mataair panas. Kemungkinan lain yang timbul adalah kedangkalan suatu magma di dalam bumi yang bekerja dalam proses pemanasan pada *water table* sehingga memunculkan mata air panas.



Gambar 5.5 Korelasi jarak patahan dengan suhu mata air panas

Berdasarkan hipotesa, semakin dekat jarak suatu titik mata air panas dengan patahan, semakin tinggi suhu airnya. Namun hasil penelitian terhadap suhu mata air panas dan jarak dengan patahan di wilayah penelitian tidak menunjukkan adanya

kesinambungan dengan hipotesa tersebut. Hal tersebut diperkuat dengan hasil korelasi (R) sebesar 0.002. angka korelasi yang sangat lemah ini menunjukkan bahwa jarak dengan patahan tidak memiliki pengaruh berarti terhadap temperatur suatu mata air panas.

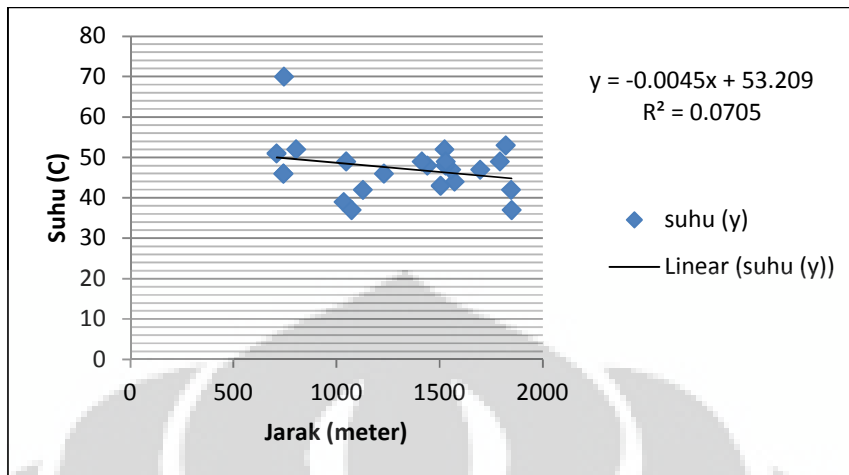
Tabel 5.5 Suhu Rata-rata Mataair Panas dan Asosiasi Jarak dengan Patahan

Jarak dari patahan (meter)	Suhu Rata-rata (°C)	Jumlah Titik
<1000	47,8	17
1000 – 2000	48,2	9
>2000	42,5	2

[Sumber : Pengolahan Data, 2012]

Berdasarkan uji korelasi (gambar 5.4), dapat diketahui bahwa tidak ada hubungan antara jarak struktur geologi dengan tinggi rendahnya suhu mata air panas. Didukung oleh pengolahan data ini disebabkan oleh berbedanya gradien geotermal dari lokasi-lokasi kemunculan mata air panas. Air yang keluar dari mata air panas dipanaskan oleh geotermal (panas bumi). Semakin dalam letak batu-batuan di dalam perut bumi, semakin meningkat pula temperatur batu-batuan tersebut. Peningkatan temperatur batuan berbanding dengan kedalaman disebut gradien geotermal (Monroe, 2006). Dalam penelitian ini tidak ada analisis mengenai gradient geotermal sehingga tidak dapat diperhitungkan gradient geotermal suatu lokasi mata air panas.

Sementara itu, dugaan akan adanya pengaruh suhu mata air panas dengan jarak dari gunung api, maka dicarilah korelasi antara keduanya sebagaimana pada grafik berikut :



Gambar 5.5 Korelasi antara suhu mata air panas dengan jarak dari Gunung api Danau

Berdasarkan hipotesa, semakin dekat jarak suatu titik mata air panas dengan gunung api, semakin tinggi suhu airnya. Namun hasil penelitian terhadap suhu mata air panas dan jarak dengan patahan di wilayah penelitian tidak menunjukkan adanya kesinambungan dengan hipotesa tersebut. Hal tersebut diperkuat dengan hasil korelasi (R) sebesar 0.07. angka korelasi yang sangat lemah ini menunjukkan bahwa jarak dengan gunung api tidak memiliki pengaruh berarti terhadap temperatur suatu mata air panas.

BAB VI

KESIMPULAN

Karakteristik mataair panas yang ditemukan di wilayah penelitian mempunyai temperatur 37°C sampai dengan 70°C, dengan pH cenderung netral sekitar 6 – 8.5. Sebaran mata air panas di wilayah penelitian 78,6% terdapat di Kecamatan Padarincang dengan pola mengumpul dan berasosiasi dengan patahan dan gunung api Danau. 21,4% tersebar dan berasosiasi dengan struktur patahan pada kaldera Cidanau.

Berdasarkan data lapangan, ditunjukkan adanya hubungan secara langsung antara jenis batuan dengan pH mata air panas. pH netral tersebut berkaitan dengan kemunculannya pada batuan sedimen. Diindikasikan merupakan produk kontak antara fluida asam yang berhubungan dengan sistem panas bumi dengan batuan sedimen, sehingga terjadi netralisasi membentuk mata air panas yang bersifat netral. Tipe anion mata air panas di wilayah penelitian pada 6 lokasi adalah tipe mataair panas bikarbonat. Hal ini berkaitan dengan pH mata air panas yang cenderung netral dan memiliki kandungan bikarbonat yang lebih tinggi dibandingkan dengan klorida atau sulfat.

Suhu mata air panas dikaitkan dengan jarak dari patahan di wilayah penelitian, tidak menunjukkan hubungan secara langsung antara tingkat suhu dan kedekatan terhadap patahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Halaman 507
- BEICIP, 1979. Geothermal study, Banten area, W. Java. Hydrogeochemical report prepared for Pertamina, - hal
- Bemmelen, van R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. I A. *General Geology Of Indonesia And Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office. The Hague. Netherlands.
- Bintarto, R dan Hadisumarno, 1982, *Metode Analisa Geografi*, Jakarta, LP3ES.
- Desaunet, J.R., 1977. *Catalogue of landforms for Indonesia. Examples of physiographic approach to land evaluation for agricultural development*. Soil Research Institute, Bogor.
- Ellis, A.J. dan Mahon, W. A.J., 1977. *Chemistry and Geothermal Systems*. Academic Press, New York.
- Fournier, R.O., 1981, Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, "Geothermal System: Principles and case Histories". John Willey & Sons, New York.
- Fornier, R. O., 1985. *The behavior of silica in hydrothermal solutions*. Reviews in Economic Geology, 2.
- Giancoli, D.C., 1984. *Physics for scientist and engineers*. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Herdianita, N.R. dan Priadi, B., 2005. *Manifestasi Permukaan Sistem Panasbumi Gunung Kendang – Angkasa, Garut – Pamengpeuk, Jawa Barat*. Laporan Penelitian

- Herdianita, N.R. 2007. *Mnifestasi Panasbumi Permukaan di Daerah Cidanau dan Sekitarnya - Anyer – Provinsi Banten* . Laporan Riset ITB 2007, Kelompok Keahlian Geologi Terapan.
- Hughes, C. 1962. *Biological consideration signing a seed collection strategy for Gliricidia sepium walp.* Management and improvement. University of Hawaii, USA.
- Katili, J.A. 1967. Geologi. Dept. Urusan Research National. Jakarta
- Kusnadi, Dedi. 2006. *Penyelidikan Geologi dan Geokimia Panas Bumi Daerah Gunung Endut Kabupaten Lebak, Banten*. Kelompok Program Penelitian Panas Bumi , Pusat Sumber Daya Geologi, 2006.
- Miryani, Nenny. 2006. *Update on Geothermal Development in Indonesia*, Proc. New Zealand Geothermal Workshop 2006, Auckland – New Zealand, 15 – 17 Nov 2006
- Monroe, J.S., 2006, *The Changing Earth, Exploring Geology and Evolution*. Michigan University, halaman 375
- Nasution, dkk. 2006. *Penyelidikan geologi dan geokimia di Mataloko, area geothermal Nage-Bobo, Flores*.Kelompok Program Penelitian Panasbumi. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Prager, E.J., 1999, *The furious earth : the science and nature of earthquakes, volcano and tsunami* . McGraw-Hill, New York
- Prasetyo, 1979 .*Geologi daerah Cikadondong dan sekitarnya, Kab. Lebak, Jawa Barat*.
- Saefudin,I., 1987. *Â”Komplek Batuan Busur Vulkanik Daerah Cihara,Kabupaten Lebak, Jawa BaratÂ”*
- Sandy. I.M. 1985. Republik Indonesia Geografi Regional Indonesia. Geografi FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta.

- Santosa, Wahyu. 2006. *Study of Spring Hidrogeomorphology on Part of West Slope in Lawu Vulcano*, Forum Geografi, Vol. 20, No. 1, Juli 2006: 68 – 85
- Santosa, S. 1991. *Geologi Lembar Anyer, Jawa Barat*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung, - hal. Standar Nasional Indonesia (SNI), 2004.
- Soetoto, 1981. *Materi Penyusun Tubuh Bumi*. Teknik Geologi UGM. Studi Haasje Boodni Jooswi, Yogyakarta
- Suryaman, M, 1999. Pengambilan . *Sampel Air Panas bumi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Todd, D.K., 1980, *Groundwater Hydrology*, John Willey & Sons. Inc, New York
- Tolman, C.F., 1937, *Groundwater*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Wahyudi, 2006, *Geothermal Investigation and Its Application Recommendation in The Ungaran Geothermal Prospect Area, Central Java*, Kajian Potensi Panas Bumi Berkala MIPA 16(1)
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1995. *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristic and Exploration*. SEG Newsletters, 23: 159-164.
- White, J.G., 1999. *Active Geothermal system and hidrotermal ore deposits*. Economic geology, 75th anniversary volume. p.101-125
- White, J.G. and Nordstrom, D.K., 2003. *Geotherma Arsenic*. Kluwer Academic Publisher, USA, p.101-125

Publikasi Elektronik

<http://www.simpotda.bantenprov.go.id/pariwisata.php>, diakses pada 20 September 2011




<http://www.vsi.esdm.go.id/pbumi/java/dndanutxt.html>, diakses pada 5 Februari 2012





www.eytonsearth.org/balneology-balneotherapy.php, diakses pada 5 Februari 2012




www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/...bal/rheumatology_international.pdf, diakses pada 5 Februari 2012






Lampiran Tabel 4 Lokasi Sampel Berdasarkan Foto Survei Lapangan





No	Titik Sampel	Foto Survei Lapangan	Temuan Lapangan
1	Batu Ceper 1		Merupakan mata air panas yang memiliki titik keluaran dari arah bawah. Berlokasi pada area yang ditutupi oleh semak belukar di sekitar kebun penduduk. Mata air panas ini dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk mandi.
2	Batu Ceper 2		Mata air panas ini berada sekitar 20 meter dari mata air panas Batu Ceper 1. Memiliki titik keluaran dari arah bawah. Pada tepian kolam tampak endapan belerang berwarna kuning keemasan.
3	Batu Ceper 3		Kolam mata air panas ini berbentuk seperti sumur dengan diameter 1 meter. Diantara mata air yang ditemui di Batu Ceper, mata air ini merupakan yang memiliki suhu paling tinggi dan mengepulkan asap.




4	Batu Ceper 4		<p>Titik ini terletak di sekitar lapangan bola milik warga. tampak cukup dalam dan berlumpur. Masyarakat memanfaatkan mata air ini untuk mandi.</p>
5	Batu Ceper 5		<p>Mata air ini terdapat di samping rumah salah satu penduduk. Memiliki suhu rendah (37°C). pemilik rumah memanfaatkan mata air ini untuk kebutuhan rumah tangga selain untuk diminum dan masak. Memiliki kedalaman sekitar 1 meter dan diameter 60 cm.</p>
6	Bubulak 1		<p>Mata air panas Bubulak 1 terdapat di Desa Cilengo, Kecamatan Padarincang.. Merupakan mata air panas yang memiliki titik keluaran dari arah bawah. bersifat asam. Berlokasi di tengah sawah dekat pemukiman penduduk. Belum dimanfaatkan oleh penduduk.</p>
7	Bubulak 2		<p>Berlokasi di kompleks Pesantren. Mata air ini memiliki titik keluaran dari arah bawah yang kemudian dibuat kolam tampungan dan dialirkan ke kamar mandi-kamar mandi dengan menggunakan pipa. Sebagian mengalir membentuk sungai kecil. Terdapat endapan</p>





			<p>berlang berwarna kuning keemasan dan dikelilingi oleh batuan keras.</p>
8	Kinabei		<p>Berlokasi di tengah pemukiman penduduk. Mata air ini kemudian ditampung oleh warga dan dijadikan tempat pemandian umum untuk penduduk kolam berukuran 2 x 2 meter ini awalnya merupakan sumur galian warga yang memancarkan air panas.</p>
9	Balekambang 1		<p>Kolam mata air panas seluas 4 x 5 meter ini berada di tengah pemukiman penduduk dan dimanfaatkan sebagai sumber air untuk mandi dan mencuci.</p>
10	Balekambang 2		<p>Terletak sekitar 3 meter dari mata air panas Balekambang 1. Sama halnya dengan mata air panas Balekambang 1, juga dimanfaatkan oleh penduduk untuk kegiatan yang sama</p>

11	Balekambang 3		<p>Terletak di halaman depan rumah salah satu penduduk. Mata air panas ini dimanfaatkan untuk kegiatan mencuci. Memiliki titik keluaran dari arah bawah dan mengalir ke selokan yang kemudian bercampur dengan air buangan rumah tangga.</p>
12	Balekambang 4		<p>Mata air ini ditampung kemudian dibangun semacam kamar mandi umum. Ketiga sumber air panas di Kampung Balekambang tersebut berada di wilayah pemukiman penduduk. Penduduk setempat memanfaatkan sumber air bersih yang berasal dari gunung dan tidak membuat sumur.</p>
13	Rancasumur 1		<p>Mata air panas ini muncul di pematang sawah. Terdapat endapan berwarna kuning dan berbau belerang. Karena dikhawatirkan dapat mengganggu tanaman padi, warga mencoba menutup lubang keluaran tersebut dengan semak-semak kering. Namun sumber air tersebut tetap mengalir.</p>

14	Rancasumur 2		<p>Masih di area persawahan. Memiliki titik keluaran dari arah bawah. Di sekelilingnya merupakan batuan keras dan ditumbuhi rumput-rumput. Dikelilingi oleh batuan keras.</p>
15	Bulakan 1		<p>Kolam mata air panas ini dimanfaatkan sebagai tempat pemandian oleh warga sekitar. Memiliki kedalaman 85 cm. dasar kolam dilapisi batuan beku dan lumpur.</p>
16	Bulakan 2		<p>Titik mata air ini berlokasi di kebun warga. berbentuk seperti sumur dengan diameter sekitar 80 cm. dikelilingi oleh batuan beku dan semak belukar.</p>
17	Bulakan 3		<p>Muncul pada lubang yang cukup kecil diantara semak belukar. Cukup dalam dan tampak ditepi lubang berupa endapan belerang yang cukup banyak. Mata air ini belum dimanfaatkan oleh warga.</p>

18	Bulakan 4		<p>Terletak berdekatan dengan mata air panas Bulakan 1. Sama halnya dengan mata air Bulakan 1, mata air ini juga dimanfaatkan sebagai tempat pemandian warga.</p>
19	Batukuwung 1		<p>Mata air panas ini merupakan sampel dengan suhu paling tinggi diantara sampel lainnya. Dibatuk kolam seluas 3x 3 meter. Dimanfaatkan sebagai objek wisata pemandian air panas. Dialirkan ke kolam-kolam pemandian melalui pipa. Pada kolam dikombinasikan dengan air dingin.</p>
20	Batukuwung 2		<p>Masih dalam objek wisata Batukuwung, terdapat sebentuk sumur berdiameter 30 cm. diprediksi memiliki kedalaman lebih dari 1 meter. Sekelilingnya merupakan batuan beku.</p>
21	Batukuwung 3		<p>Berlokasi di luar komplek objek wisata Batukuwung. Mata air ini mengalir membentuk sungai kecil yang kemudian bertemu dengan sungai yang airnya segar. Sehingga membentuk aliran sungai yang airnya hangat. Biasa dimanfaatkan</p>

			warga sebagai tempat untuk mandi air hangat secara gratis.
22	Cikirai 1		Terletak di Cagar Alam Rawadanau. Daerah ini merupakan cagar alam berupa hutan rawa dan tempat konservasi air. Mata air ini bercampur dengan endapan rawa dan lumpur.
23	Cikirai 2		Berlokasi di sekitar area sawah penduduk. Terdapat endapan belerang berwarna kuning keemasan. Mata air ini dimanfaatkan oleh warga untuk sesekali membasuh muka dan mencuci tangan.
24	Begog 1		Berlokasi di kompleks SMPN 1 Padaricang. Mata air ini muncul kemudian dibuatkan kolam oleh warga. seluas 1 x 2 meter warga biasa mengambil air ini untuk kebutuhan mencuci dengan mengangkutnya ke rumah. Memiliki kedalaman 0,75 meter

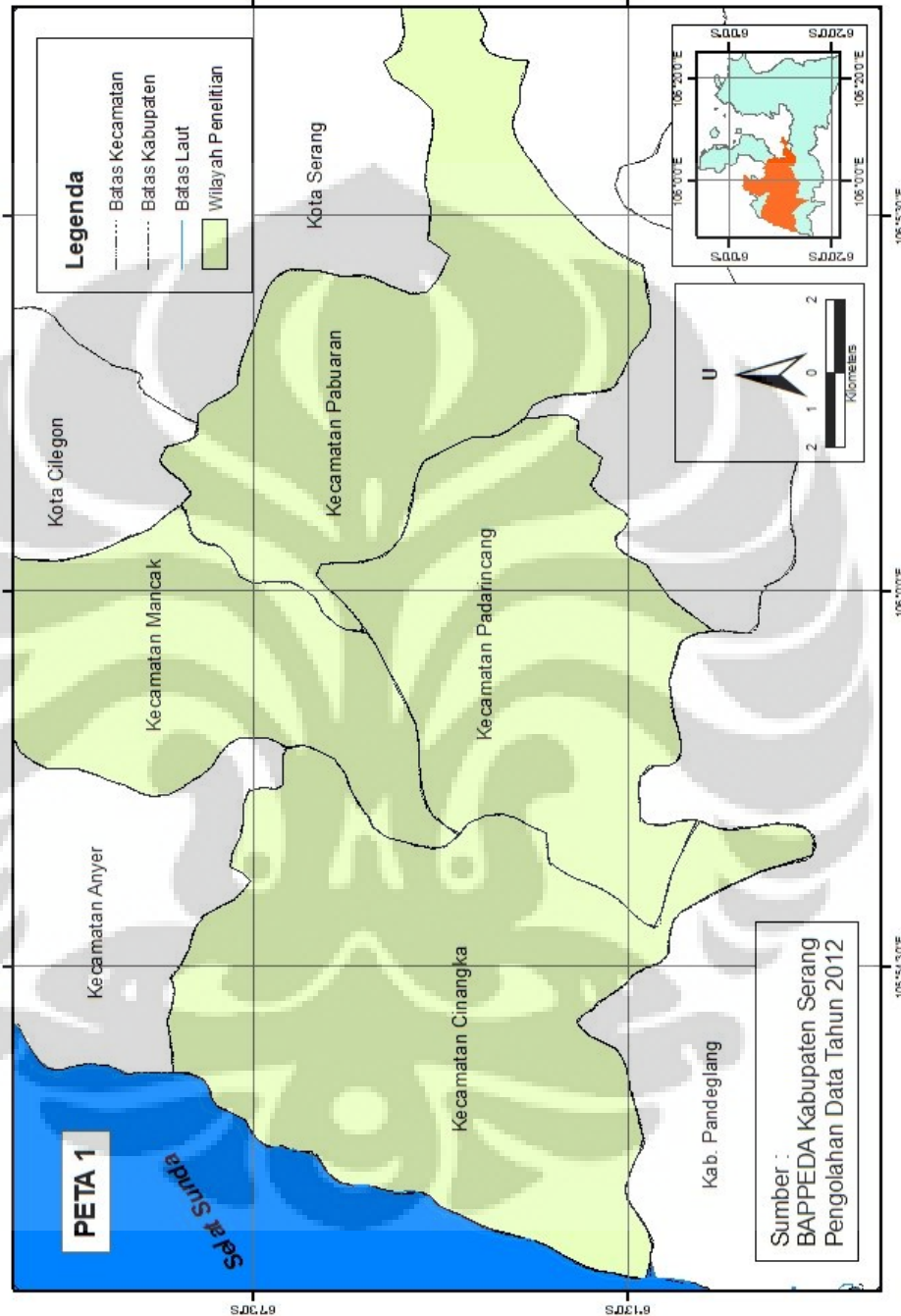
25	Begog 2		<p>Mata air ini dibuatkan kolam seluas 60 x 100 cm. pada dasar kolam terdapat batuan beku dan endapan lumpur. Berlokasi di samping rumah salah satu warga dan dimanfaatkan untuk keperluan mencuci.</p>
26	Begog 3		<p>Terletak sekitar 10 meter dari mata air panas Begog 1. Kolam mata air ini memanjang dengan lebar sekitar 1 meter. Pada dasar kolam terdapat batuan belu dan endapan lumpur. Dimanfaatkan sebagai tempat pemandian.</p>
27	Kajaroan		<p>Mata air panas ini terletak di area persawahan penduduk. Berupa kolam yang memiliki diameter 3 meter. Mata air panas ini belum dimanfaatkan oleh warga sekitar.</p>
28	Sedatani		<p>Di Sedatani terdapat 5 kolam air hangat yang berada di tengah areal persawahan. Salah satunya adalah mata air panas seperti dalam gambar. Menunjukkan temperatur. Air yang keluar bercampur dengan material alluvial. Mata air ini belum dimanfaatkan oleh warga.</p>



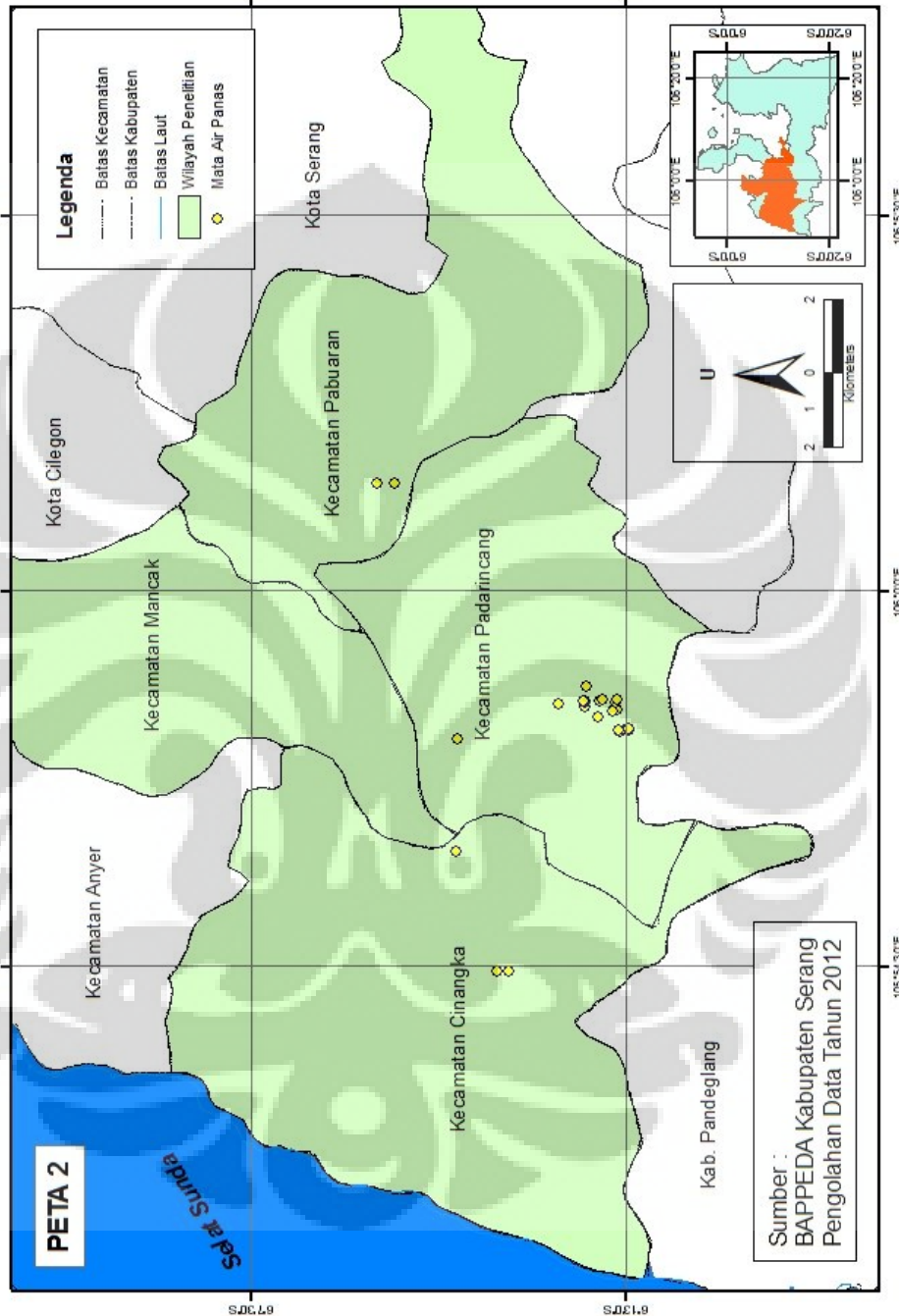
LAMPIRAN

Universitas Indonesia

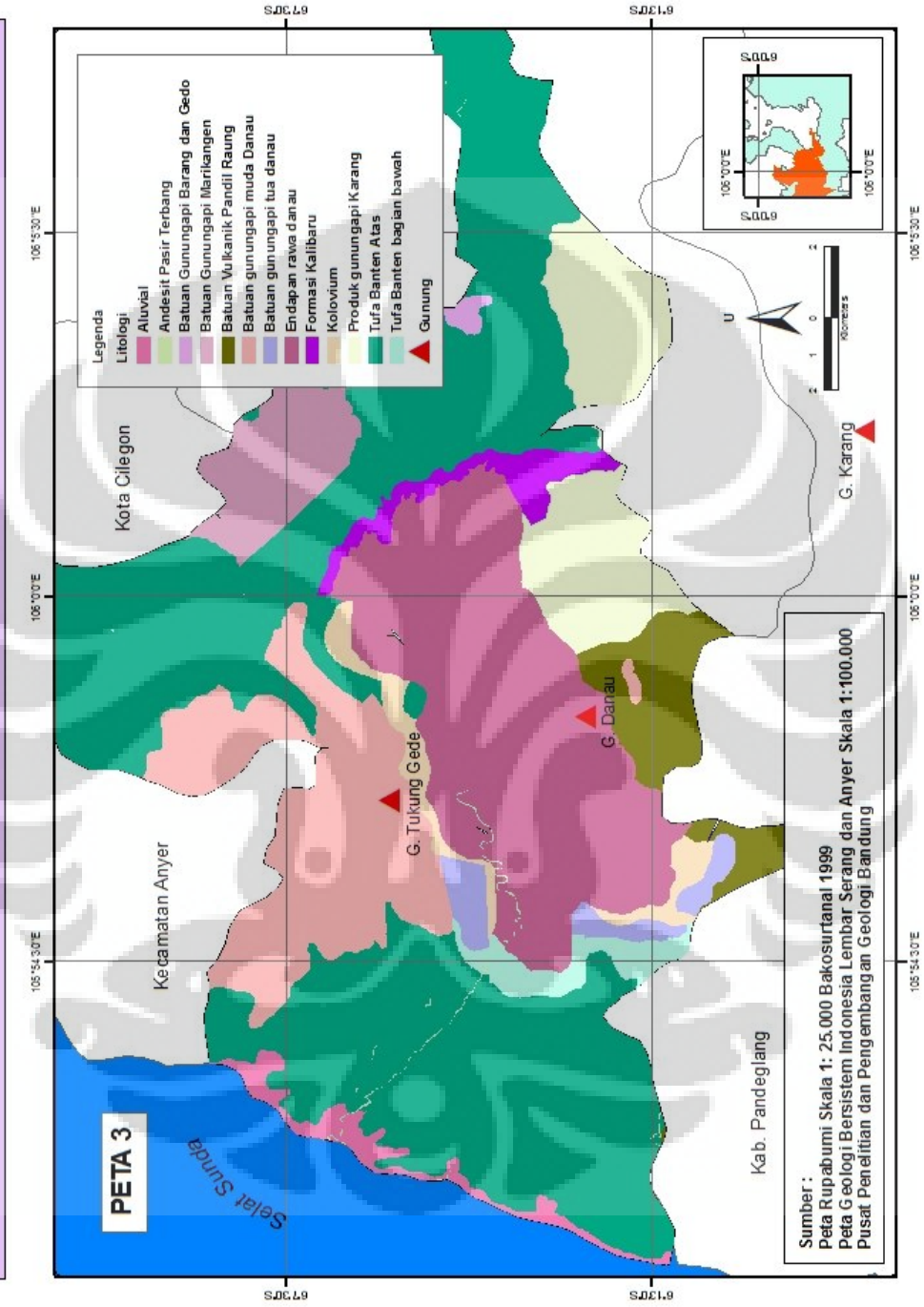
WILAYAH PENELITIAN



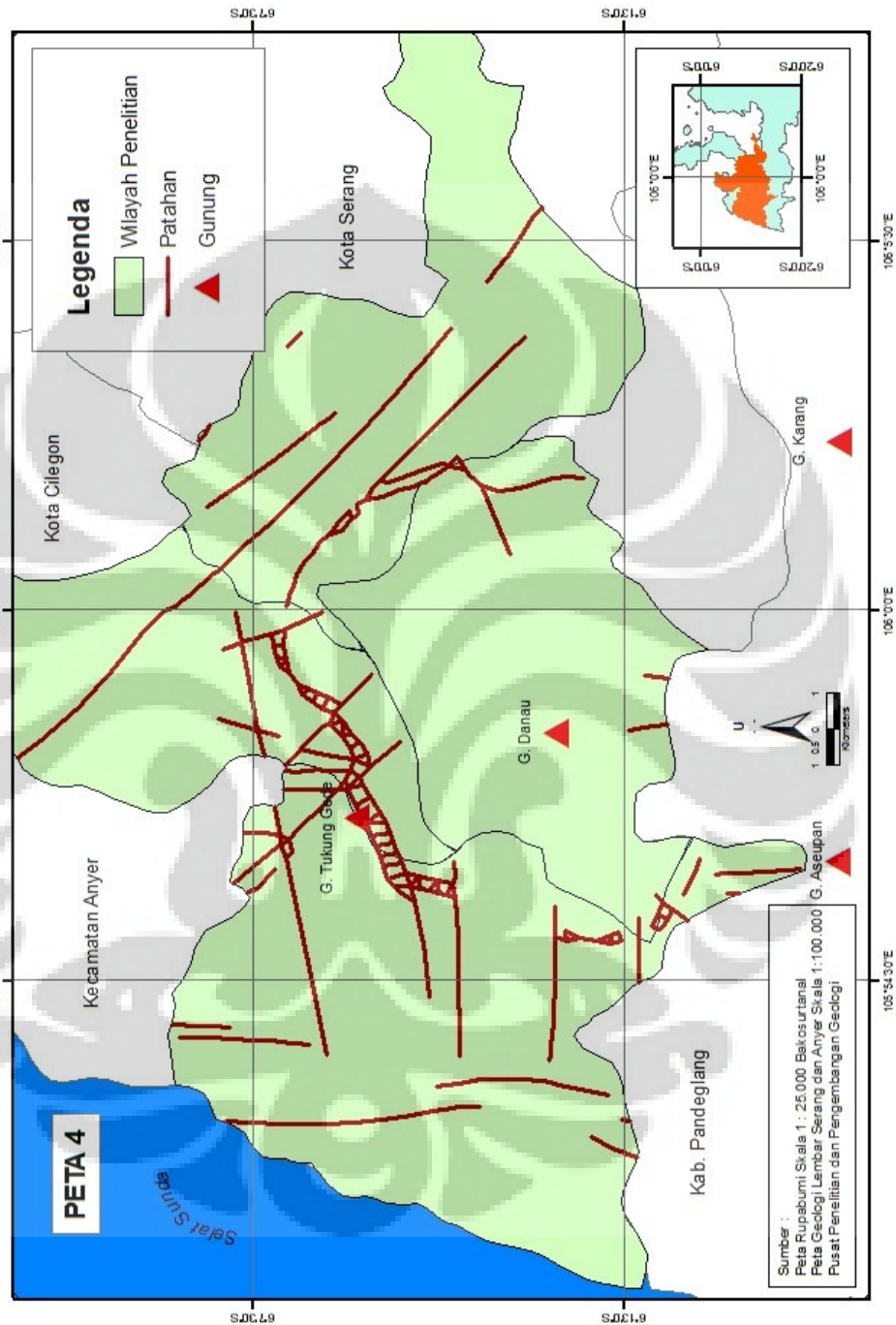
LOKASI SAMPEL



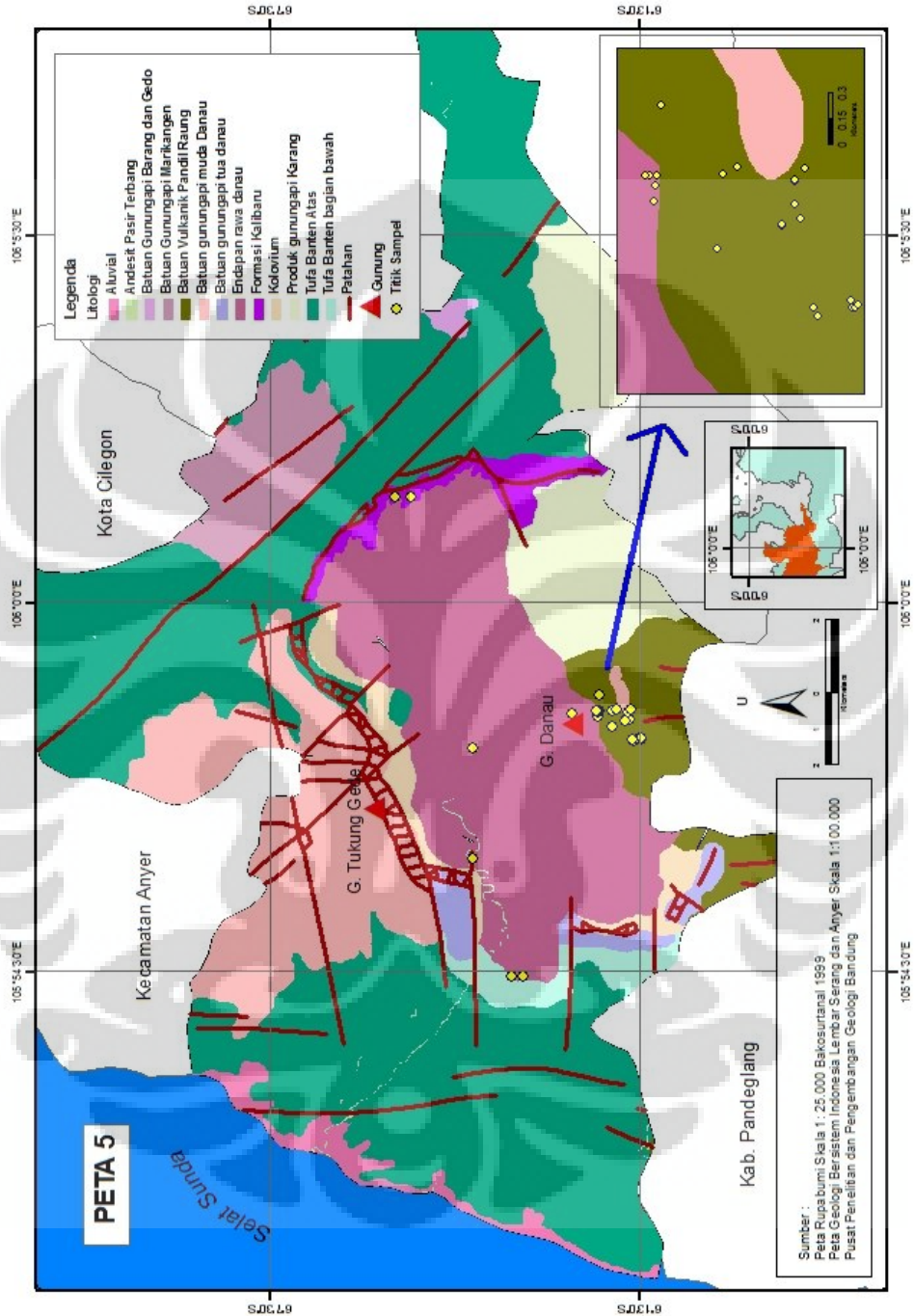
LITOLOGI WILAYAH PENELITIAN



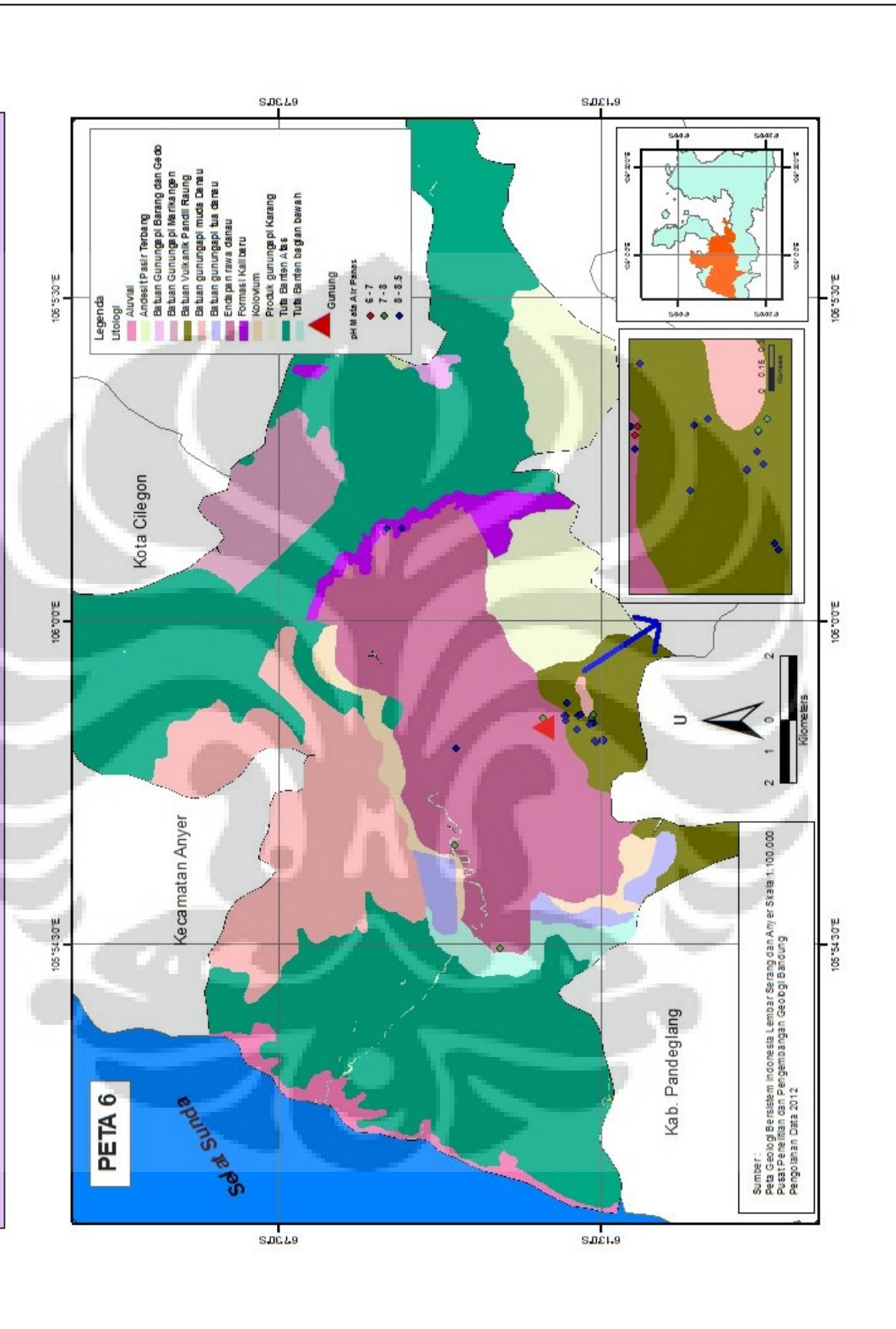
STRUKTUR GEOLOGI WILAYAH PENELITIAN



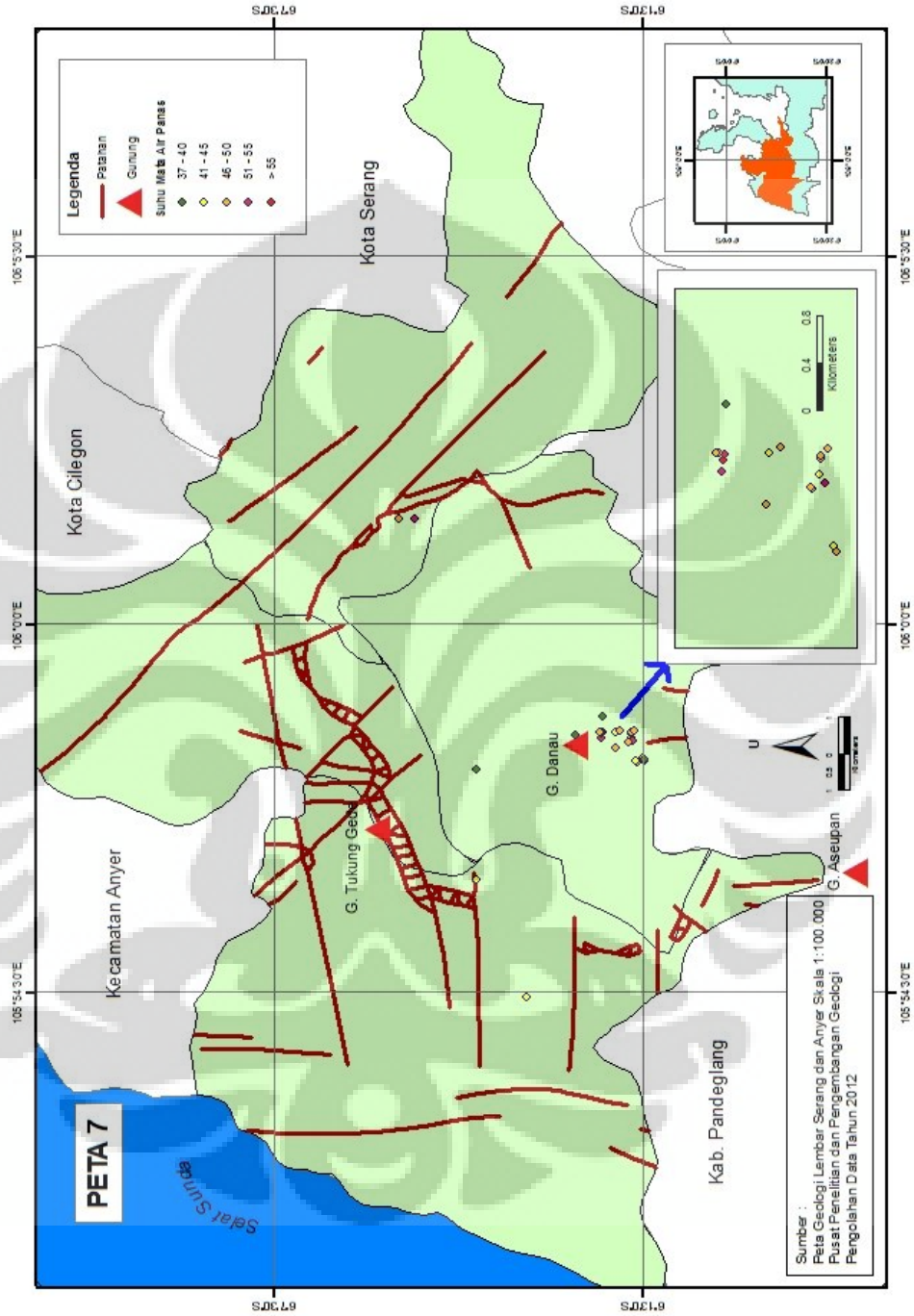
LOKASI SAMPEL BERDASARKAN GEOLOGI



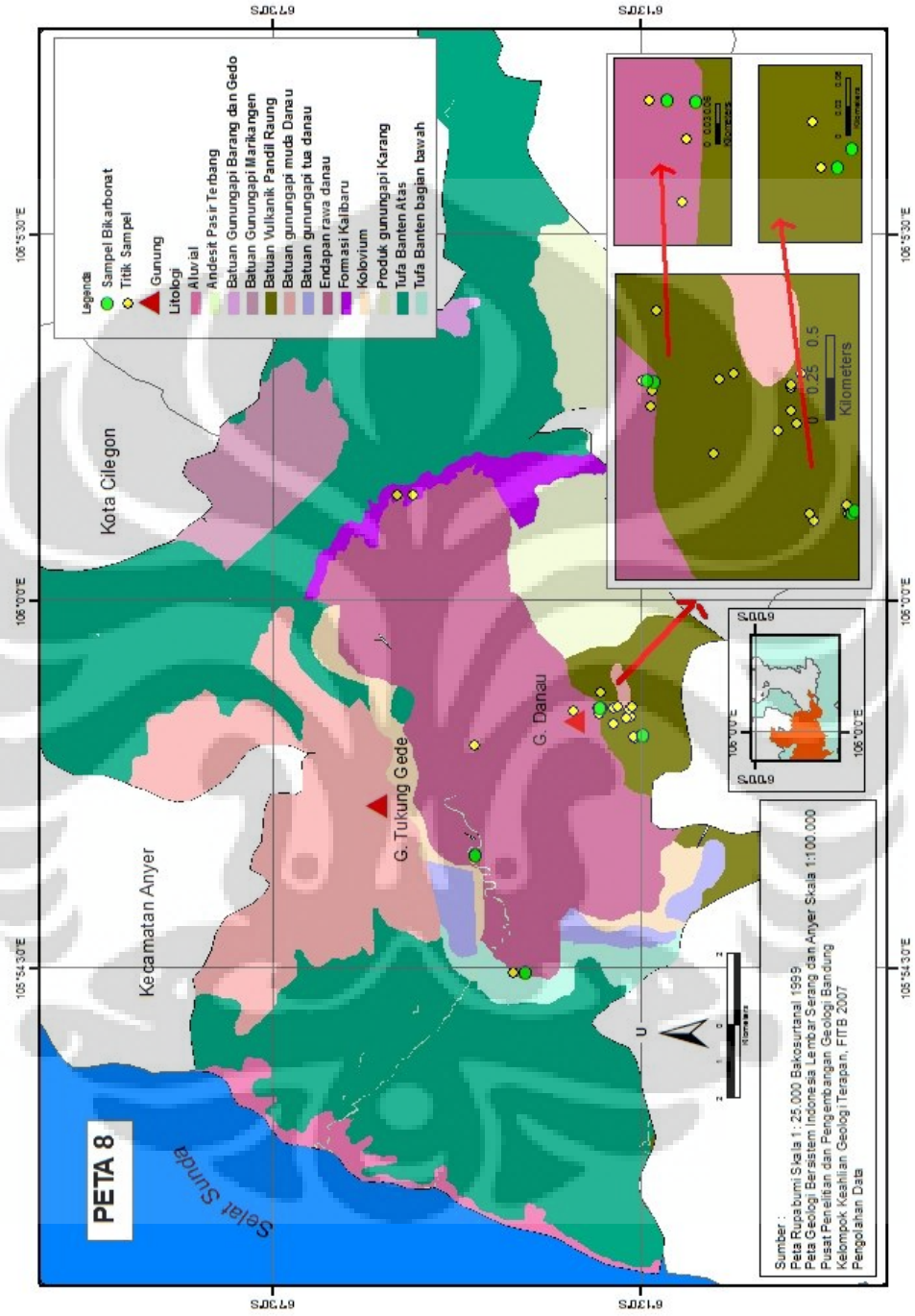
PH MATA AIR PANAS BERDASARKAN LITOLOGI



SUHU MATA AIR PANAS DAN STRUKTUR GEOLOGI



TITIK SAMPEL MATA AIR PANAS BIKARBONAT



Lampiran Tabel 1 Temuan Hasil Lapangan

No	Titik Sampel	Alamat	Titik Koordinat	Ketinggian (mdpl)	Suhu (°C)	pH	Jarak dengan struktur geologi (m)	Jenis Batuan
1	Batu Ceper 1	Desa Citasuk	105° 58' 237'' BT, 06° 12' 238'' LS	113	40	8,26	10646	Endapan Rawadanau (Qr)
2	Batu Ceper 2	Desa Citasuk	105° 58' 372'' BT, 06° 12' 244'' LS	113	46	8,23	183.4	Endapan Rawadanau (Qr)
3	Batu Ceper 3	Desa Citasuk	105° 58' 241'' BT, 06° 12' 363'' LS	113	55	8,20	312.5	Endapan Rawadanau (Qr)
4	Batu Ceper 4	Desa Citasuk	105° 58' 253'' BT, 06° 12' 392'' LS	100	49	8,18	483.6	Endapan Rawadanau (Qr)
5	Batu Ceper 5	Desa Citasuk	105° 58' 188'' BT, 06° 12' 232'' LS	100	37	8,18	1552	Endapan Rawadanau (Qr)
6	Bubulak 1	Desa Cilengo	105° 58' 188'' BT, 06° 12' 232'' LS	114	53	6,0	479	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
7	Bubulak 2	Desa Cilengo	105° 58' 219'' BT, 06° 12' 234'' LS	115	55	6,23	475	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
8	Kinabei	Desa Cilengo	105° 57' 698'' BT, 06° 12' 352'' LS	133	37	8,15	465	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
9	Balekambang 1	Desa Cipanas	105° 57' 599'' BT, 06° 12' 607'' LS	135	47	8,29	608	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
10	Balekambang 2	Desa Cipanas	105° 57' 584'' BT, 06° 12' 610'' LS	135	44	8,32	677	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
11	Balekambang 3	Desa Cipanas	105° 57' 584'' BT, 06° 12' 615'' LS	135	48	8,29	552.66	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
12	Balekambang 4	Desa Cipanas	105° 57' 590'' BT, 06° 12' 620'' LS	135	43	8,29	501	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
13	Rancasumur 1	Desa Citiis	105° 57' 569'' BT, 06° 12' 544'' LS	130	52	8,03	492.84	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
14	Rancasumur 2	Desa Citiis	105° 57' 584'' BT, 06° 12' 536'' LS	130	49	8,29	1043.4	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
15	Bulakan 1	Desa Citiis	105° 57' 852'' BT, 06° 12' 520'' LS	130	42	8,27	1012.62	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
16	Bulakan 2	Desa Citiis	105° 57' 825'' BT, 06° 12' 500'' LS	130	46	8,20	989	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
17	Bulakan 3	Desa Citiis	105° 57' 831'' BT, 06° 12' 505'' LS	130	49	8,21	553	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)

Univesitas Indonesia

18	Bulakan 4	Citiis	105° 57' 812'' BT, 06° 12' 00'' LS	132	51	8,26	1356.38	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
No	Titik Sampel	Alamat	Titik Koordinat	Ketinggian (mdpl)	Suhu (°C)	pH	Jarak dengan struktur geologi (m)	Jenis Batuan
19	Batukuwung 1	Desa Batukuwung	105° 57' 756'' BT, 06° 12' 512'' LS	113	70	6,4	1396	Endapan Rawadanau (Qr)
20	Batukuwung 2	Desa Batukuwung	105° 57' 781'' BT, 06° 12' 499'' LS	113	52	6,3	1348	Endapan Rawadanau (Qr)
21	Batukuwung 3	Desa Batukuwung	105° 58' 742'' BT, 06° 12' 476'' LS	110	46	8,23	1366	Endapan Rawadanau (Qr)
22	Cikirai 1	Cagar Alam Rawadano	106° 00' 951'' BT, 06° 08' 814'' LS	92	46	8,08	2038.5	Formasi Kalibaru (Qpvk1)
23	Cikirai 2	Cagar Alam Rawadano	106° 08' 951'' BT, 06° 08' 958'' LS	92	39	7,50	2065.8	Formasi Kalibaru (Qpvk1)
24	Begog 1	Desa Citasuk	105° 58' 238'' BT, 06° 12' 216'' LS	108	47	7,59	558	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
25	Begog 2	Desa Citasuk	105° 58' 238'' BT, 06° 12' 224'' LS	108	48	7,32	567.27	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
26	Begog 3	Desa Citasuk	105° 58' 238'' BT, 06° 12' 216'' LS	115	49	7,8	548.85	Batuan Vulkanik Pandil Raung (Qhv)
27	Kajaroan	Desa Kajaroan	105° 56' 110'' BT, 06° 10' 310'' LS	100	45	7,25	48.6	Endapan Rawadanau (Qr)
28	Sedatani	Desa Sedatani	105° 54' 260'' BT, 06° 11' 160'' LS	100	41	7,14	1290	Endapan Rawadanau (Qr)

[Sumber : Survei Lapang dan Pengalahan Data 2012]

Lampiran Tabel 2. Korelasi suhu mata air panas dan jarak dari patahan
(Metode Regresi Linear sederhana)

Sampel	Jarak (X)	Suhu (Y)	XY	X ²	Y ²
1	106.46	40	4258.40	1600	11333.73
2	183.4	46	8436.40	2116	33635.56
3	312.5	55	17187.50	3025	97656.25
4	483.6	49	23696.40	2401	233868.96
5	479	53	25387.00	2809	229441.00
6	475	55	26125.00	3025	225625.00
7	465	37	17205.00	1369	216225.00
8	608	47	28576.00	2209	369664.00
9	677	44	29788.00	1936	458329.00
10	552.66	48	26527.68	2304	305433.08
11	501	43	21543.00	1849	251001.00
12	492.84	52	25627.68	2704	242891.27
13	1043.4	49	51126.60	2401	1088683.56
14	1012.62	42	42530.04	1764	1025399.26
15	989	46	45494.00	2116	978121.00
16	553	49	27097.00	2401	305809.00
17	1356.38	51	69175.38	2601	1839766.70
18	1396	70	97720.00	4900	1948816.00
19	1348	52	70096.00	2704	1817104.00
20	1366	46	62836.00	2116	1865956.00
21	1438.5	46	66171.00	2116	2069282.25
22	2065.8	39	80566.20	1521	4267529.64
23	1552	37	57424.00	1369	2408704.00
24	558	47	26226.00	2209	311364.00
25	567.27	48	27228.96	2304	321795.25
26	548.85	49	26893.65	2401	301236.32
27	48.6	45	2187.00	2025	2361.96
28	1290	41	52890.00	1681	1664100.00
Total	$\sum X = 22469.88$	$\sum Y = 1326$	$\sum XY = 1060019.89$	$\sum X^2 = 63976$	$\sum Y^2 = 24891132.80$

--	--	--	--	--	--

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}; \quad a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

$$b = \frac{(\quad)(\quad) - (\quad)(\quad)}{(\quad)(\quad) - (\quad)(\quad)}$$

$$b = 47,86$$

$$a = \frac{1326}{28} - 47,86 \frac{22469,88}{28}$$

$$a = -0,000x$$

$$y = -0,000x + 47,86$$

$$R^2 = 0.002$$

Lampran Tabel 3. Perhitungan Analisis Tetangga Terdekat

No	Titik ukur dari ke	Jarak di lapangan (meter)
1	17 ke 18	98
2	18 ke 19	20
3	18 ke 20	64
4	18 ke 21	84
5	19 ke 20	46
6	20 ke 21	37
7	19 ke 16	431
8	19 ke 14	382
9	14 ke 16	547
10	14 ke 15	32
11	15 ke 25	347
12	9 ke 10	6
13	10 ke 12	117
14	10 ke 11	132
15	11 ke 24	134
16	24 ke 25	27
17	25 ke 26	93
18	25 ke 15	347
19	13 ke 14	450
20	14 ke 15	93
21	2 ke 3	476
22	28 ke 27	3534
23	27 ke 1	2977
24	1 ke 22	3083
25	22 ke 23	891
26	19 ke 23	424

Diketahui :

$$J_u = 572 \text{ meter} = 0,572 \text{ Kilometer}$$

$$= \frac{572}{1000} = 0,572$$

$$J_h = \frac{1}{\sqrt{0,572}} = \frac{1}{0,757} = 1,32$$

$$T = \frac{1}{1,32} = 0,757$$

$T = 0,757 < 1 \rightarrow$ Pola mengelompok (*clustered*)

