

**ANALISIS BAWAH PERMUKAAN  
DAERAH MANIFESTASI PANASBUMI BARASANGA  
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS  
KABUPATEN KONAWE UTARA, SULAWESI TENGGARA**

*THE SUBSURFACE ANALYSIS OF BARASANGA  
GEOTHERMAL MANIFESTATION BY RESISTIVITY METHODE  
NORTH KONAWE REGENCY, SOUTHEAST SULAWESI*

**TESIS**



**OLEH:**

**EMI PRASETYAWATI UMAR**

**P3000 211 007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI  
JURUSAN TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**ANALISIS BAWAH PERMUKAAN  
DAERAH MANIFESTASI PANASBUMI BARASANGA  
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS  
KABUPATEN KONAWE UTARA, SULAWESI TENGGARA**

**T E S I S**

Sebagai Salah Satu Syarat Akademik Untuk Mencapai Gelar Magister  
Pada Program Studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin

Disusun dan Diajukan Oleh:

**EMI PRASETYAWATI UMAR**  
**Nomor Pokok P3000 211 007**

Kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI**  
**PROGRAM PASCA SARJANA UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**  
**2013**

# LEMBAR PENGESAHAN

## TESIS

### ANALISIS BAWAH PERMUKAAN DAERAH MANIFESTASI PANASBUMI BARASANGA MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KABUPATEN KONAWE UTARA, SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh

**EMI PRASETYAWATI UMAR**

Nomor Pokok P.3000211007



Menyetujui

**Komisi Penasehat,**

**Dr. Adi Tonggiroh, ST., MT**

Ketua Penasehat

**Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT**

Anggota Penasehat

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi  
Pasca Sarjana Teknik Geologi**

**Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT**

**NIP: 197006061994122001**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Emi Prasetyawati Umar

Nomor Pokok : P3000211007

Program Studi : Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2013

Yang menyatakan,

**Emi Prasetyawati Umar**

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum, Wr.Wb.*

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan tesis yang berjudul “Analisis Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Barasanga Menggunakan Metode Resistivitas Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara” dapat terselesaikan oleh penulis.

Penulis tidak lupa menghaturkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam menyusun tesis ini, antara lain:

1. **Bapak Prof.Dr.rer.nat.Ir.A.M.Imran**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin sekaligus penguji dalam seminar tesis, atas perhatian dan motivasinya dalam penyusunan tesis ini.
2. **Bapak Dr. Adi Tonggiroh., ST.MT**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin sekaligus ketua penasehat dalam penyusunan tesis ini atas perhatian, arahan dalam bimbingan dan motivasinya dalam penyusunan tesis ini.
3. **Ibu Dr.Ulva Ria Irfan., ST.MT**, selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi Universitas Hasanuddin sekaligus anggota penasehat dalam penyusunan tesis ini, atas perhatian dan bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.

4. **Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT dan Bapak Dr. Drs. Sakka, M.Si** selaku penguji dalam seminar tesis atas masukan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini.
5. Staf dosen dan karyawan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas semua perhatian dan bantuan yang diberikan.
6. Ayahanda **Umar Mad'julekka** dan Ibunda tercinta **Subaedah** serta ketujuh kakak penulis yang tercinta, terutama kepada **AIPTU Ahmad Umar, SH** dan **Sumarni Umar** yang telah memberi restu dan motivasi yang sangat luar biasa dalam mendukung seluruh rangkaian perkuliahan selama ini serta seluruh ponakan-ponakan tercinta dan tersayang yang menjadi sumber inspirasi dan semangat dalam belajar.
7. Sahabat-sahabat mahasiswa magister geologi angkatan 2011 dan seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Geologi serta adik-adik mahasiswa Strata Satu (S1) Universitas Hasanuddin, yang telah banyak membantu, bekerjasama dan memberikan dorongan untuk menyelesaikan tesis ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan mengingat keterbatasan yang dimiliki. Semoga dengan kapasitas yang ada, tesis ini dapat diterima dan bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Makassar, September 2013

Penulis

## ABSTRAK

**EMI PRASETYAWATI UMAR.** Analisis Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Barasanga Menggunakan Metode Resistivitas Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara (**dibimbing oleh Adi Tonggiroh dan Ulva Ria Irfan**).

Daerah Barasanga menunjukkan manifestasi panasbumi berupa mataair panas dan endapan travertin. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik fisik dan geokimia mataair panas, karakteristik dan sebaran travertin yang berasosiasi dengan mataair panas, nilai distribusi tahanan jenis dan model sebaran lapisan batuan pembawa air panas di bawah permukaan bumi.

Metode yang digunakan adalah studi pustaka dan observasi lapangan yaitu pemetaan sebaran mataair panas, pengambilan sampel batuan kemudian dianalisis laboratorium petrografi sayatan tipis untuk menentukan litologi batuan, analisis laboratorium titrimetri, gravimetri, dan spektrofotometer untuk analisis mataair panas melalui pendekatan geokimia dalam menentukan tipe mataair panas. Analisis resistivity untuk menganalisis model sebaran lapisan batuan pembawa air panas di bawah permukaan bumi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe dan jenis travertin pada mataair panas di daerah penelitian termasuk ke dalam jenis *Incoherent Travertines*. Suhu rata-rata 48<sup>0</sup>C dan pH 7,85, warna jernih, berbau belerang dan berasa asin. Geokimia tipe mataair panas daerah penelitian merupakan tipe air klorida. Analisis resistivitas menghasilkan model sebaran lapisan batuan pembawa air panas di bawah permukaan bumi berupa batupasir dengan nilai resistivitas antara 20-95  $\Omega$ .m dan berdasarkan analisis manifestasi panasbumi, sumber panasbumi daerah Barasanga dipengaruhi oleh struktur geologi.

**Kata Kunci:** Manifestasi, Panasbumi, Mataair panas, travertin, resistivitas.

## **ABSTRACT**

**EMI PRASETYAWATI UMAR.** *The Subsurface Analysis Of Barasanga Geothermal Manifestation By Resistivity Methode North Konawe Regency, Southeast Sulawesi.* **(Supervised by Adi Tonggiroh dan Ulva Ria Irfan).**

*Barasanga determine the manifestation of geothermal of hot water spring and sediment of travertine. This research aimed to determines characteristic physics and geochemichal of hot water spring, characteristic and distribution of travertine with hot water spring associations, distribution value of resistivity and models of the distribution of hot rock layers of rock below the earth's surface.*

*The methods used are literature study and field observations such as mapping the distribution of hot water Spring, rock samples were analyzed in the laboratory to determine the petrograph thin section of rock lithology, titrimetric laboratory analysis, gravimetric, and spectrophotometer for the analysis of hot water Spring through geochemical approach in determining the type of hot water Spring. Resistivity analysis for rock layer carrier distribution model of hot water below the earth's surface.*

*The results showed that the type and variety of travertine in the hot water Spring in the research area were classified as Incoherent Travertines. Avarage temperature of 48<sup>o</sup>C and pH of 7.85, clear colour, smelled sulfur and tastethe salty. Geochemical types of hot water Spring is a type of chloride. The analysis of the distribution resistivity model produce hot rock layers under the earth's surface estimated as sandstones with resistivity values between 20-95  $\Omega$ .m and based on analysis of geothermal manifestations, geothermal resource of Barasanga influenced by geological structure.*

**Key Words:** *Manifestation, Geothermal, Hot water Spring, travertine, resistivity.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Kegunaan Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Geologi Daerah Penelitian.....	4
B. Panasbumi .....	6
C. Manifestasi Panas Bumi.....	7
F. Metode Geolistrik ( <i>Schlumberger</i> ).....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
A. Jenis Penelitian.....	20
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
D. Kegiatan Pengumpulan Dan analisis Data.....	22
E. Diagram Alir Penelitian.....	29

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
A. Karakteristik Manifestasi Panasbumi Daerah Penelitian.....	30
1. Litologi dan Karakteristik Travertin Daerah Penelitian.....	30
2. Analisis Mataair panas Daerah Penelitian.....	35
B. Analisis Resistivitas Bawah Permukaan Daerah Penelitian...	47
C. Model Lapisan Batuan Pembawa Air panas.....	55
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>59</b>
A. Kesimpulan.....	59
B. Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Diagram Trilinier untuk penentuan tipe mataair panas berdasarkan kandungan ion klorida, sulfat dan bikarbonat (Giggenbach,1988 dalam Nicholson, 1993)	11
2.2	Cara pengambilan data geolistrik tahanan jenis (Hendrajaya, 1990)	17
2.3	Susunan elektroda konfigurasi Schlumberger (Hendrajaya, 1990)	19
3.1	Peta lokasi penelitian	23
3.2	Pengukuran suhu dan pengambilan sampel mataair panas di stasiun pengamatan dan pengambilan sampel.	25
3.3	Foto Pengukuran Data Geolistrik di titik G1.	27
3.4	Diagram alir penelitian.	29
4.1	Foto singkapan Batugamping pada stasiun 3A.	30
4.2	Foto Lubang-lubang munculnya mataair panas yang tertutupi endapan travertin di stasiun 1A.	31
4.3	Foto Mikrograf <i>travertine</i> di Stasiun 1A (Perbesaran total 50x)	32
4.4	Kenampakan endapan travertine membentuk undak-undak berupa kolam-kolam dan tanggul alam yang berbentuk lingkaran atau cincin ( <i>rimstone</i> )	34
4.5	Kenampakan warna mataair panas stasiun 6A	36
4.6	Diagram Trilinier untuk penentuan tipe mataair panas daerah penelitian berdasarkan kandungan	45

ion klorida, sulfat dan bikarbonat  
(Giggenbach,1988 dalam Nicholson 1993)

4.7	Grafik Model Perlapisan bawah permukaan bumi untuk titik <i>Sounding</i> G1	48
4.8	Grafik Model Perlapisan bawah permukaan bumi untuk titik <i>Sounding</i> G2	50
4.9	Grafik Model Perlapisan bawah permukaan bumi untuk titik <i>Sounding</i> G3	52
4.10	<i>True cross resistivity section</i> nilai resistivitas dari gabungan titik <i>Sounding</i> G1, G2, dan G3	54
4.11	Model Sebaran Lapisan Batuan Pembawa Air Panas Di Bawah Permukaan	56

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
3.1	Daftar tahanan jenis beberapa batuan dan air ( <i>Loke,2004</i> )	28
3.2	Daftar tahanan jenis beberapa batuan dan air ( <i>Telford,1990</i> )	29
4.1	Ciri Fisik dan Kimia mataair panas daerah penelitian	35
4.2	Hasil analisis laboratorium kandungan unsur-unsur Mataair panas daerah penelitian	37
4.3	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas 1	39
4.4	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas	40
4.5	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas 3.	41
4.6	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas 4	42
4.7	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas 5	43
4.8	Perhitungan jumlah kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat dari ppm ke meq/L pada mataair panas 6	44
4.9	Hasil perhitungan persentase kadar ion klorida, sulfat dan bikarbonat.	46
4.10	Interpretasi resistivitas lapisan batuan di titik G1	49
4.11	Interpretasi resistivitas lapisan batuan di titik G2	51
4.12	Interpretasi resistivitas lapisan batuan di titik G3	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Peta Pengamatan dan Pengambilan Sampel	64
2	Peta Sebaran Mataair Panas Daerah Penelitian	65
3	Peta Pengukuran Geolistrik	66
4	Analisis Petrografi	67
5	Data Pengukuran Geolistrik	77
6	Data Kimia Mataair Panas	80
7	Peta Geologi Regional Lembar Lasusua	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pulau Sulawesi memiliki potensi energi alternatif berupa panasbumi (*geothermal*) akibat adanya proses geologi berupa vulkanisme dan tektonik. Manifestasi panasbumi di permukaan terjadi karena adanya rekahan yang memungkinkan fluida panas ke permukaan, rekahan dapat terbentuk karena adanya struktur geologi yaitu sesar Lasolo yang terdapat di Daerah Barasanga. Sesar Lasolo diperkirakan masih aktif hingga sekarang yang ditandai dengan keterdapatannya mataair panas di daerah Barasanga (Rusmana, dkk. 1993).

Berdasarkan *survey* lapangan daerah Barasanga menunjukkan karakteristik panasbumi berupa manifestasi yaitu mataair panas dan akumulasi pengendapan mineral kalsit atau mineral karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang membentuk travertin. Travertin merupakan bagian dari batuan sedimen karbonat terestrial atau darat yang dibentuk oleh pengendapan atau presipitasi mineral karbonat dari larutan dalam tanah dan permukaan air, dan atau secara pemanasan dari mataair panas (Pentecost, 2005). Mataair panas dianalisis secara fisik dan kimia melalui pendekatan geokimia untuk mengetahui tipe mataair panas daerah Barasanga.

Metode geolistrik biasanya digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan variasi nilai tahanan jenis batuan agar didapatkan gambaran lapisan bawah permukaan bumi yang lebih

detil dan tentunya berhubungan dengan kondisi geologi, kadar dan struktur mineral penyusun batuan, seperti untuk keperluan penyelidikan panasbumi dalam hal ini menganalisis sebaran batuan pembawa air panas di bawah permukaan bumi (Haerudin, dkk. 2008). Olehnya itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Barasanga Menggunakan Metode Resistivitas Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara”.

### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik fisik dan geokimia mataair panas daerah penelitian?
2. Bagaimana sebaran dan karakteristik travertin yang berasosiasi dengan mataair panas?
3. Bagaimana distribusi nilai tahanan jenis batuan di bawah permukaan yang berasosiasi dengan mataair panas?
4. Bagaimana model sebaran batuan pembawa air panas di bawah permukaan?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik fisik dan geokimia mataair panas daerah penelitian.
2. Mengetahui sebaran dan karakteristik travertin yang berasosiasi dengan mataair panas.

3. Mengetahui distribusi nilai tahanan jenis batuan di bawah permukaan yang berasosiasi dengan mataair panas.
4. Mengetahui model sebaran batuan pembawa air panas di bawah permukaan.

#### **D. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan dalam penelitian ini adalah:

1. Diharapkan menjadi bahan informasi tambahan dan juga dapat menjadi acuan dalam penyelidikan selanjutnya yang berhubungan dengan keberadaan manifestasi panasbumi lainnya disekitar daerah penelitian.
2. Menjadi acuan pemerintah daerah dalam rangka pemanfaatan dari manifestasi panasbumi yang muncul pada wilayah daerah tersebut.

#### **E. Batasan Masalah**

Pengambilan data lapangan dalam penelitian ini terfokus pada manifestasi panasbumi dan analisis resistivitas bawah permukaan daerah penelitian, maka penulis membatasi ruang lingkup penelitian, yaitu:

- Penentuan tipe dan jenis batuan daerah Barasanga yang berasosiasi dengan mataair panas menggunakan analisis fisik dan petrografi.
- Analisis sifat fisik dan kimia mataair panas melalui analisis kimia air panas dengan menggunakan diagram *trilinier* dalam penentuan tipe mataair panas daerah Barasanga melalui pendekatan geokimia.
- Pengambilan data geofisika melalui pengukuran geolistrik yang menghasilkan nilai resistivity untuk mengetahui model sebaran batuan pembawa air panas bawah permukaan daerah Barasanga.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Geologi Regional**

Pulau Sulawesi dan sekitarnya secara regional memperlihatkan struktur geologi yang kompleks. Kerumitan tektonik Pulau Sulawesi ini ditafsirkan sebagai hasil pemekaran kerak bumi yang disebabkan oleh gerak lempeng Eurasia. Sejak Mesozoikum, Sulawesi merupakan bagian dari lempeng Asia dan selama Paleogen dan Neogen Awal daerah ini merupakan suatu busur vulkanik kalk-alkali yang berkaitan dengan proses penunjaman dari Laut Tethys sebelah Timur ke Tenggara. Lempeng Australia-Irian bergerak ke Utara dan secara bertahap mikro kontinen pada bagian daerah penelitian terpisah melalui pergeseran mendatar (Sukanto, 1975).

Secara regional, struktur dan geologi yang dijumpai pada peta geologi Lembar Lasusua-Kendari (lampiran 7) adalah Sesar, Lipatan dan Kekar. Sesar dan kelurusan umumnya berarah Baratlaut-Tenggara searah dengan sesar Lasolo. Sesar Lasolo berupa sesar geser jurus mengiri (sinistral) yang diduga masih giat hingga kini, yang dibuktikan dengan adanya mata air panas di Batugamping terumbu yang berumur Jolosan pada Jalur Sesar tersebut di Tenggara Tinobu, tepatnya di daerah Barasanga Kecamatan Lasolo. Sesar naik ditemukan di Tanjung Labuandala di selatan Lasolo, yaitu beranjaknya batuan ofiolit ke atas batuan Formasi Meluhu. Sesar Lasolo berarah Baratlaut-Tenggara,

membagi Lembar Kendari menjadi dua bagian. Sebelah timurlaut sesar disebut Lajur Hialu dan sebelah baratdaya disebut Lajur Tinondo (Rusmana, dkk, 1993). Lajur Hialu umumnya merupakan himpunan batuan yang bercirikan asal Kerak Samudera dan Lajur Tinondo merupakan himpunan batuan yang bercirikan asal paparan benua.

Diperkirakan bahwa sebelum Oligosen, Lajur Hialu dan Lajur Tinondo bersentuhan secara pasif, kemudian sesar ini berkembang menjadi suatu "*transform fault*" dan menjadi sesar Lasolo sejak Oligosen, yaitu pada saat mulai giatnya kembali sesar Sorong. Daerah ini tampaknya telah mengalami lebih dari satu kali perliukan. Hal ini terlihat pada batuan Mesozoikum yang sudah terlipat lebih dari satu kali. Jenis lipatan pada batuan ini berupa batuan lipatan tertutup, setempat dijumpai lipatan rebah dan lipatan terbalik. Lipatan pada batuan Tersier termasuk jenis lipatan terbuka, berupa lipatan yang landai dengan kemiringan lapisan berkisar antara 15° dan 30°. Kekar terdapat pada semua jenis batuan, pada batugamping kekar ini tampak teratur yang membentuk kelurusan. Kekar pada batuan beku umumnya menunjukkan arah tak beraturan. Gejala pengangkatan terdapat di pantai Timur dan Tenggara Lembar, yang ditunjukkan oleh undak-undak pantai dan sungai; dan pertumbuhan koral (Simandjuntak, dkk, 1993).

Struktur geologi yang kompleks seperti yang telah diuraikan berupa aktifitas sesar menimbulkan gejala panasbumi yaitu keterdapatannya penyebaran mataair panas di daerah Barasanga.

## B. Panasbumi

Definisi *geothermal* berasal dari bahasa Yunani yaitu, *geo* yang berarti bumi dan *thermal* yang berarti panas, sehingga secara singkat *geothermal* dapat diartikan sebagai panas yang berasal dari dalam bumi. Sedangkan berdasarkan kamus istilah geologi, *geothermal* didefinisikan sebagai gejala-gejala alamiah yang berhubungan dengan adanya sumber energi dari dalam bumi yang berupa uap panas (Santoso, 2007).

Pembagian sistem panasbumi menurut Goff dan Cathy (2000) dalam Suparno (2009), berdasarkan kriteria geologi, geofisika, hidrologi, dan teknologi, dapat dibagi atas 5 tipe, yaitu:

1. Sistem batuan beku muda (*young igneous systems*).
2. Sistem tektonik (*tectonic systems*).
3. *Geopressured systems*.
4. *Hot dry rock systems*.
5. *Magma tap systems*.

Dari tipe satu sampai tipe tiga, air panas alami bisa diperoleh lewat kegiatan eksploitasi. Karena itu, ketiganya bisa disatukan menjadi sistem hidrotermal (*hydrothermal systems*) Sementara untuk tipe empat dan lima, air panas alami tidak bisa diperoleh. Justru kedua sistem itu memerlukan air yang diinjeksikan kedalam bumi lalu air tersebut disedot kembali untuk diambil panasnya (Suparno, 2009).

Untuk mengidentifikasi adanya jenis sumber panasbumi dari dalam bumi biasanya dijumpai manifestasi panasbumi di permukaan.

### **C. Manifestasi Panasbumi**

Adanya suatu sumberdaya panasbumi di bawah permukaan sering kali ditunjukkan oleh adanya manifestasi panasbumi di permukaan (*geothermal surface manifestation*), seperti mataair panas, kubangan lumpur panas (*mud pools*), *geyser*, kolam air panas atau hangat, tanah hangat, dan permukaan tanah beruap. Manifestasi panasbumi dipermukaan, diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panasbumi mengalir ke permukaan (Gupta, 2007).

Daerah penelitian menunjukkan manifestasi berupa mataair panas dan keterdapatn travertin akibat pengendapan mineral karbonat dan atau secara pemanasan dari mataair panas.

#### **1. Mataair panas (*Hot Water Spring*)**

Pemunculan mataair dikarenakan adanya tekanan yang cukup tinggi dari dalam bumi, dengan kondisi lapisan batuan yang berada diantara dua lapisan kedap air (biasanya lempung, napal, dan sebagainya) yang merupakan jenis aliran air tanah dalam (Artesis) yaitu air tanah yang berada pada lapisan lolos air yang terletak di antara dua lapisan kedap air. Dan kebalikannya merupakan air tanah dangkal (preatik) yang berada di atas lapisan kedap air (Hillel, 1998).

Sifat panas yang terjadi karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan batuan. Sifat air permukaan seringkali digunakan untuk memperkirakan jenis reservoir di bawah permukaan.

- Mataair panas yang bersifat asam merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panasbumi yang didominasi uap.
- Mataair panas yang bersifat netral biasanya merupakan manifestasi permukaan dari suatu sistem panasbumi yang didominasi oleh air.
- Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mataair panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (sinter silica) (Nicholson, 1993).

### **1.1. Komposisi Kimia Mataair Panas**

Pada saat air tanah bersentuhan dengan mineral yang ada dalam tanah dan batuan, maka terjadilah pelarutan mineral-mineral tersebut. Proses ini berlanjut hingga tercapai kesetimbangan konsentrasi unsur-unsur dalam air tanah. Dalam sistem mataair panas, rata-rata nilai pH adalah asam sampai basa (4-9) dimana pH pada air permukaan lebih besar daripada air di kedalaman. Dari nilai pH ini dapat mengindikasikan adanya jenis air yang terkandung dalam suatu sistem panasbumi. Dimana jenis air ini tergantung dari unsur-unsur kimia yang terkandung di dalamnya.

Unsur-unsur kimia yang terlarut dalam air tanah dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu “mayor elemen” dan “minor elemen”. Kelompok mayor elemen terdiri dari kation-kation  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{K}^+$ , serta anion-anion  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , sementara kelompok minor elemen umumnya terdiri dari Fe, Al, Cu, Hg,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ , dan lain-lain (Benjamin, 2002).

Komposisi kimia fluida reservoir dipengaruhi oleh interaksi antara berbagai faktor sebagai berikut:

- a. Fluida reservoir umumnya berasal dari air meteorik yang meresap kedalam tanah.
- b. Reaksi fluida dengan batuan reservoir sangat berpengaruh dalam merubah komposisi air yang masuk ke dalam reservoir.
- c. Pada kedalaman kurang dari 2 km, dengan adanya peningkatan permeabilitas batuan, fluida reservoir akan mendidih yang mengakibatkan tingginya konsentrasi unsur-unsur yang tidak dapat menguap, sedangkan unsur yang mudah menguap larut kedalam air mengakibatkan pH semakin asam.

Mata air yang memiliki suhu permukaan yang rendah (suhu 10°C–100°C) umumnya memiliki kimia air panas yang sama dengan kimia air tanah di sekitarnya, sedangkan suhu permukaan air yang tinggi (suhu lebih dari 100°C) dikarakteristikan dengan kandungan unsur Sulfur dan Sulfat yang tinggi (Back, 1966 dalam Kusumayudha, 1994).

## **1.2. Karakteristik Mataair Panas**

Keberadaan mataair panas pada suatu daerah, dapat terbentuk oleh dua sebab yaitu oleh aktivitas tektonik aktif dan vulkanisme (Nicholson, 1993):

- a. Mataair panas akibat vulkanik aktif, dicirikan oleh air panas dengan temperatur permukaan yang tinggi dengan suhu di atas 100° C, suhunya tetap, dijumpai endapan sinter, sulfat dan sulfur, memiliki

kandungan ion sulfat dan unsur sulfur yang tinggi akibat reaksi oksidasi  $H_2S$  di atas permukaan tanah dan unsur volatil magma dari kegiatan vulkanik.

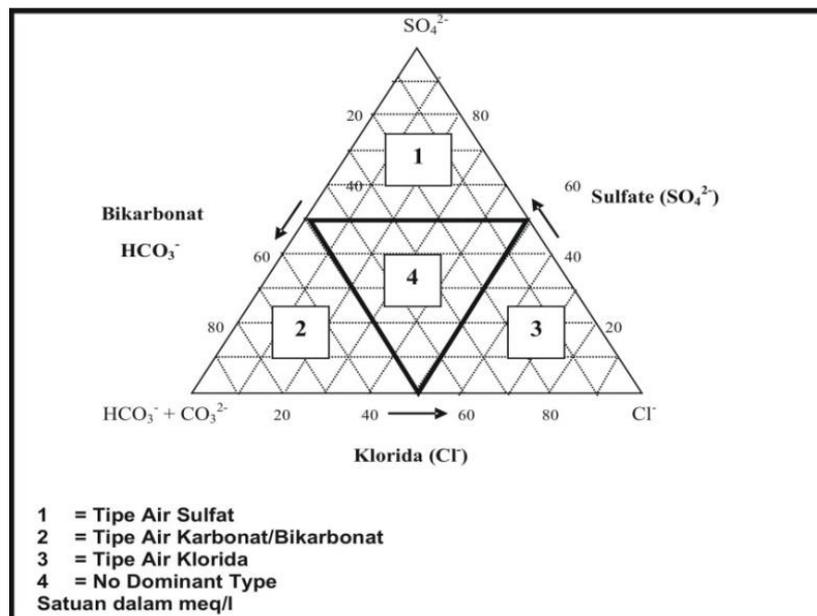
- b. Mataair panas akibat tektonik aktif, dicirikan oleh air panas temperatur permukaan rendah dengan suhu antara  $20^{\circ}$ – $100^{\circ}C$ , dijumpai berupa travertin, dan memiliki kandungan ion sulfat dan unsur sulfur yang relatif lebih rendah dibanding ion kloridanya.

Tipe dari air panas dapat ditentukan berdasarkan kandungan unsur kimia yang paling dominan dijumpai dalam air panas. Air panas dapat dikelompokkan dalam tiga tipe (Back, 1966 dalam Kusumayudha, 1994), yaitu:

- a. Tipe air klorida, merupakan fluida yang dominan dijumpai pada daerah panasbumi akibat tektonik aktif, dimana klorida merupakan anion yang dominan dan mengandung silika dalam konsentrasi tinggi, sedangkan konsentrasi sulfat dan bikarbonatnya bervariasi, pH air umumnya netral, dan digunakan untuk geothermometri.
- b. Tipe air sulfat, dicirikan oleh kandungan unsur sulfat tinggi yang biasanya lebih dari 1000 ppm, yang dapat terbentuk melalui dua proses yaitu proses yang terjadi pada sistem panasbumi yang dipengaruhi oleh kegiatan vulkanik dari reaksi oksidasi  $H_2S$  diatas muka airtanah dan berasal dari unsur volatil magma.
- c. Tipe air bikarbonat dan karbonat, merupakan tipe air yang kaya akan  $CO_2$  dan mengandung bikarbonat sebagai anion utama. Tipe air ini

biasanya dijumpai pada daerah non vulkanik, mengandung anion sulfat yang bervariasi.

Dari hasil analisis kimia, kemudian menjadi parameter di dalam penentuan tipe mataair panas berdasarkan klasifikasi dari diagram Trilinier yang ditunjukkan gambar 2.1 (Giggenbach,1988).



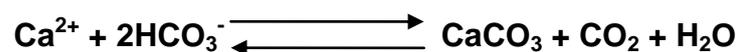
**Gambar 2.1.** Diagram Trilinier untuk penentuan tipe mataair panas berdasarkan kandungan ion klorida, sulfat dan bikarbonat (Giggenbach,1988 dalam Nicholson, 1993).

## 2. Travertin

Travertin merupakan bagian dari batuan sedimen karbonat terestrial atau darat yang dibentuk oleh pengendapan atau presipitasi mineral karbonat dari larutan dalam tanah dan permukaan air, dan atau secara pemanasan dari mataair panas (*hot water Spring*) (Pentecost, 2005).

Menurut Browne (1991) air panas yang mengandung senyawa bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) atau gas  $\text{CO}_2$ , melepaskan senyawa dan gas tersebut pada tepian mataair panas. Kalsit adalah mineral utama yang diendapkan dari proses pelepasan senyawa  $\text{HCO}_3^-$  dan gas  $\text{CO}_2$  dan akan membentuk lapisan-lapisan tipis travertin yang berwarna kuning coklat. Kalsit seharusnya diendapkan pada saat akhir kehilangan gas  $\text{CO}_2$  bukan dibentuk dari proses pendinginan air yang melepaskannya. Pengendapan dari travertin yang biasanya terbentuk sebagai timbunan atau gundukan di sekitar mataair panas merupakan pengendapan kimia organik yang terbentuk oleh aktivitas kimiawi berupa presipitasi zat-zat kalsium karbonat dan oleh aktivitas organisme pada daerah karst, hidrotermal, sungai-sungai kecil, rawa-rawa, terutama pada sistem panasbumi (Scholle, dkk 1983).

Penjelasan dari proses pembentukan travertin dapat dilihat dari persamaan reaksi timbal balik dibawah ini:



Secara umum, kandungan unsur-unsur kimia di dalam air panas terutama terdiri dari elemen mayor yaitu kation  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  serta anion  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu, didalam larutan air panas ini akan terjadi reaksi antara ion kalsium dengan ion bikarbonat membentuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Karena tersingkap ke permukaan, air panas mengalami penurunan suhu dan mendingin secara perlahan. Pada saat suhu air panas mulai menurun, pengendapan mineral kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dimulai. Akumulasi dari Kalsium karbonat tersebut membentuk travertin. Pada saat sumber mata air panas yang mengandung larutan kalsium karbonat tersingkap ke permukaan, akibat pengaruh atmosfer gas karbon dioksida dan uap air akan dilepaskan ke atmosfer sebagai sumber pembentukan ion bikarbonat dan karbonat.

Secara geometrik, terdapat dua macam proses pembentukan travertin berdasarkan arah pembentukannya, yaitu pembentukan travertin secara horizontal dan vertikal. Proses pembentukan travertin secara vertikal biasanya berasosiasi dengan pembentukan lapisan-lapisan tipis dari sisa-sisa tumbuhan dan biasanya terjadi pada daerah seperti air terjun. Sedangkan proses pembentukan secara horizontal biasanya berasosiasi dengan keberadaan sungai-sungai kecil atau rawa-rawa sebagai media yang mengangkut larutan kalsium karbonat dalam air panas. Travertin yang terbentuk secara horizontal memperlihatkan kenampakan yang khas yaitu dengan terbentuknya undak-undak berupa kolam-kolam dan tanggul alam yang berbentuk lingkaran atau cincin (*Rimstone dam and Rimstone pool*).

Klasifikasi Travertin telah dikemukakan oleh beberapa ahli. Eisenstuck (1951) dalam Scholle, dkk, (1983) mengklasifikasikan travertin berdasarkan derajat hubungan antar material yang dikandung oleh

travertin tersebut. Atas dasar tersebut, travertin dibagi menjadi travertin padat atau keras (*Hard Travertine*) yaitu travertin dimana material-material penyusunannya saling berikatan dengan erat dan travertin lunak atau tidak padat (*Incoherent Travertine*) yaitu travertin dimana material-material penyusunannya tidak saling mengikat dengan kuat.

Klasifikasi yang lain dikemukakan oleh Symoens (1951) dalam Scholle, dkk (1983) yang mengklasifikasikan travertin berdasarkan tempat pembentukannya atau posisi geomorfologinya. Dengan dasar tersebut maka travertin dibedakan menjadi *Spring Travertines* yaitu *travertin* yang terendapkan pada daerah sistem air panas, dan *River Beds Travertines* yaitu travertin yang terendapkan di atas batuan dasar pada daerah aliran sungai.

Penyelidikan panasbumi dalam hal ini analisis sebaran batuan pembawa air panas di bawah permukaan bumi dapat dilakukan dengan metode geofisika salah satunya metode geolistrik (Haerudin, dkk. 2008).

#### **D. Metode Geolistrik (*Schlumberger*)**

Metode geolistrik (tahanan jenis) dapat digunakan diantaranya untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan dalam hal ini penyelidikan panasbumi. Hal ini dapat ditunjukkan dengan penampang harga tahanan jenis yang mencerminkan karakteristik fisik atau struktur bawah permukaan (Hendrajaya L, 1998).

Struktur geologi yang dapat dideteksi dengan metode ini terutama adalah yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap

sekitarnya. Prinsip pelaksanaan survei tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur tegangan pada elektroda potensial dalam suatu susunan (konfigurasi) tertentu (Widodo S, 2009).

Berdasarkan tujuan dan cara pengubahan jarak elektroda, survei geofisika dibagi menjadi dua cara yaitu *mapping dan sounding*. Mapping dimaksudkan untuk mengetahui variasi horizontal atau lateral tahanan jenis batuan pada kedalaman tertentu. Jarak antar elektroda dibuat tetap sesuai dengan kedalaman daya penetrasi yang diinginkan, selanjutnya seluruh susunan elektroda dipindahkan menurut suatu lintasan tertentu. Sedangkan *sounding* dimaksudkan untuk mengetahui variasi tahanan jenis batuan terhadap kedalaman (secara vertikal).

Jarak antar elektroda diperbesar dalam suatu arah bentangan pada suatu titik tertentu. Konfigurasi metode geolistrik (*resistivity Schlumberger*) bertujuan untuk mengidentifikasi diskontinuitas lateral (anomali konduktif lokal). Arus diinjeksikan melalui elektroda AB, dan pengukuran beda potensial dilakukan pada elektroda MN, dimana jarak elektroda arus (AB) jauh lebih besar dari jarak elektroda tegangan (MN) (Hendrajaya, 1990).

Keuntungan konfigurasi *Schlumberger* dibandingkan konfigurasi lain adalah konfigurasi *Schlumberger* banyak dipakai untuk penyelidikan dalam dan lebih sedikit membutuhkan pekerja karena elektroda potensial jarang diubah (Suhendra, 2008).

Konfigurasi ini juga dapat digunakan untuk *resistivity mapping* maupun *resistivity sounding*. Cara pelaksanaan pengukuran untuk *resistivity mapping* jarak spasi elektroda dibuat tetap untuk masing-masing titik amat (titik sounding). Sedangkan untuk *resistivity sounding*, jarak spasi elektroda diubah-ubah secara gradual untuk titik amat. Untuk aturan elektroda *Schlumberger*, spasi elektroda arus jauh lebih lebar dari spasi elektroda potensial (Haerudin, N., dkk. 2008).

Menurut Hendrajaya (1990). Pada metode ini, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Pengubahan jarak elektroda-elektroda ini tidak dilakukan secara sembarang tetapi mulai dari jarak elektroda kecil membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Makin besar jarak elektroda tersebut maka makin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki.

### **1. Cara Pengambilan Data Geolistrik Tahanan Jenis**

Menurut Hendrajaya (1990). Dalam melakukan eksplorasi tahanan jenis (resistivitas) metode yang biasa digunakan pada pengukuran resistivitas secara umum yaitu, dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda potensial ( $P_1$  dan  $P_2$ ), seperti yang ditunjukkan gambar 2.2.

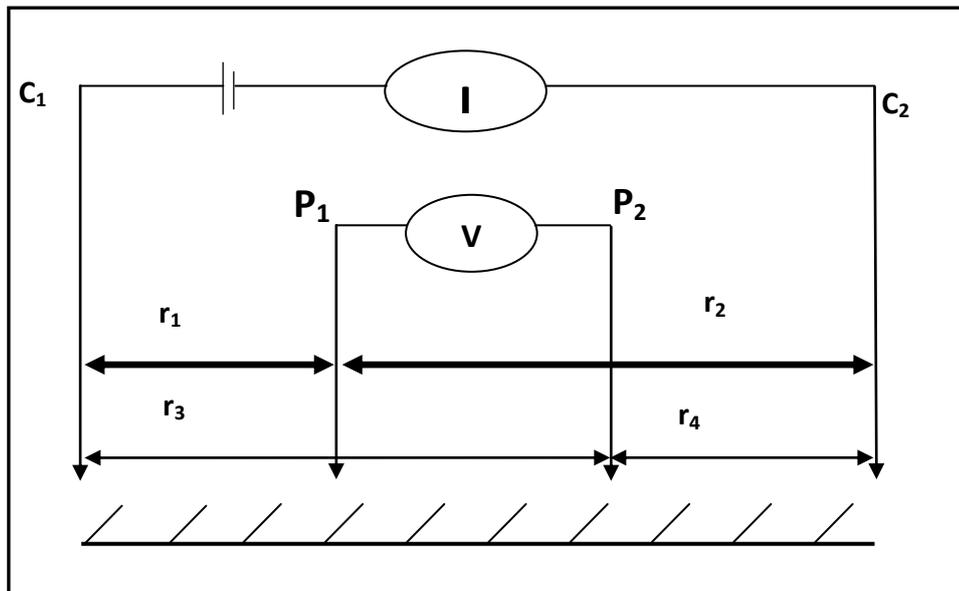
Dengan :

$r_1$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus positif ( $C_1$ )

$r_2$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus negatif ( $C_2$ )

$r_3$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus positif ( $C_1$ )

$r_4$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus negatif ( $C_2$ )



**Gambar 2.2.** Cara pengambilan data geolistrik tahanan jenis (Hendrajaya, 1990)

Pada pengukuran metode geolistrik hambatan jenis yang diukur adalah selisih potensial antara dua elektroda potensial dari kedua elektroda arus, sehingga :

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \quad (2.1)$$

$$= \left[ \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \right]$$

$$= \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}$$

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.2)$$

Karena resistivitas yang diperoleh adalah resistivitas semu, maka persamaan 2.3 menjadi:

$$\rho_a = K \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (2.3)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}} \quad (2.4)$$

Dengan :

$\rho_a$  adalah resistivitas semu.

$\Delta V$  adalah beda potensial.

$K$  adalah faktor geometri yang tergantung oleh penempatan elektroda di permukaan (*Hendrajaya, 1990*).

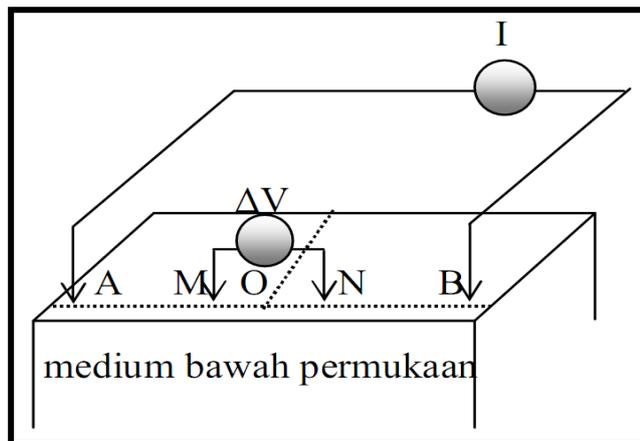
## 2. Konfigurasi Elektroda

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektrodanya, terdapat berbagai jenis konfigurasi pengukuran yang sering digunakan, diantaranya konfigurasi Wenner, Schlumberger, Dipole-dipole dan lain-lain. Masing-masing konfigurasi ini memiliki karakteristik tersendiri, sehingga setiap konfigurasi memiliki kelebihan dan kekurangan. Setiap konfigurasi tersebut memiliki faktor geometri yang berbeda-beda, dimana faktor geometri ini akan digunakan dalam perhitungan hasil pengukuran.

Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik dialirkan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian, besarnya potensial yang disebabkan diukur dipermukaan bumi melalui dua buah elektroda potensial. Besarnya beda potensial diantara kedua elektroda potensial tersebut selain tergantung pada besarnya arus yang dialirkan kedalam bumi, juga tergantung pada letak kedua elektroda potensial tersebut

terhadap letak kedua elektroda arus. Dalam hal ini tercakup juga pengaruh keadaan batuan yang dilewati arus listrik tersebut.

Terdapat berbagai macam aturan yang dipakai untuk menempatkan keempat elektroda di permukaan bumi. Aturan-aturan penempatan keempat elektroda tersebut dalam istilah geofisika sering dinamai sebagai konfigurasi elektroda. Untuk aturan elektroda *Schlumberger*, spasi elektroda arus jauh lebih lebar daripada spasi elektroda potensial, seperti terlihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Susunan elektroda konfigurasi Schlumberger (Hendrajaya, 1990).

Untuk Bumi Homogen berlaku:

$$\rho = \left(\frac{\Delta V}{I}\right) 2\pi \left(\frac{AB}{2}\right) \left[ \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{4 \left(\frac{MN}{2}\right) \left(\frac{AB}{2}\right)} \right] \quad (2.5)$$

Dengan faktor Geometri K,

$$K = 2\pi \left(\frac{AB}{2}\right) \left[ \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{4 \left(\frac{MN}{2}\right) \left(\frac{AB}{2}\right)} \right] \quad (2.6)$$