

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Potensi Panas Bumi (Geothermal) di Indonesia

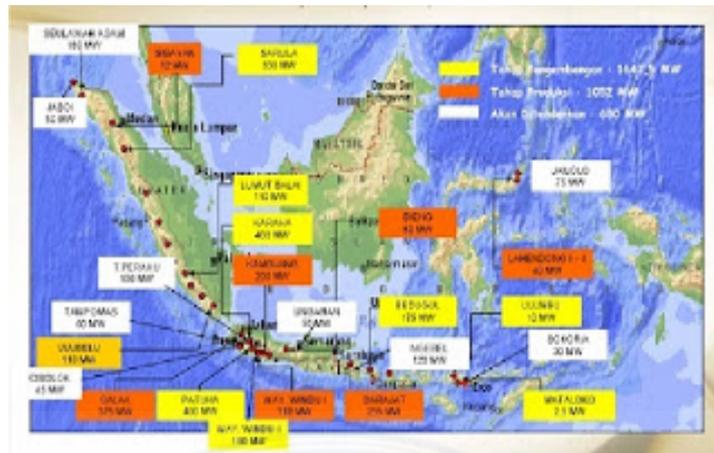
Indonesia yang kaya akan wilayah gunung berapi, memiliki potensi panas bumi yang besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Sekitar 54% potensi panas bumi di dunia berada di wilayah Indonesia.



Gambar 2.1 : Daerah Persebaran Gunung Berapi di Indonesia

Dan berikut ini adalah Potensi Panas Bumi di Indonesia yang tersebar di 253 lokasi dengan total potensi sebesar 27.000 MW. Dengan potensi yang sangat besar ini (lebih dari 50%), wilayah Indonesia sangat cocok untuk menggunakan sumber pembangkit listrik tenaga panas bumi.

Adapun wilayah pengembangan panas bumi yang saat ini masih ditangani di wilayah Indonesia sebagai berikut :



Gambar 2.2 : Daerah Potensi Sumber Panas Bumi di Indonesia

Dari data pada gambar diatas dapat diketahui Indonesia berusaha mengembangkan energi panas bumi yang terdapat pada gunung berapi di Wilayah Indonesia.

Pengembangan ini dilakukan sebagai alternatif pengganti pembangkit listrik menggunakan BBM, sehingga penggunaan BBM tidak berlebihan dan mencegah habisnya sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui.

2.2. Faktor yang Mempengaruhi Panas Bumi (Geothermal) Gunung Merapi Sehingga Dapat Dijadikan Sebagai Sumber Energi PLTP

Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan apakah sumber panas bumi dapat dijadikan sumber pembangkit listrik, antara lain :

1. Temperatur dari sumber panas bumi
2. Tekanan
3. Kualitas uap
4. Kedalaman reservoir dan kandungan kimianya

Untuk mengetahui apakah panas bumi Gunung Merapi dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik panas bumi yaitu melalui penelitian geokimia, geofisika, dan geologi gunung merapi.

2.2.1. Geokimia

- Petrologi

Dari banyak contoh batuan yang telah dianalisa, diperoleh kesimpulan bahwa kandungan *silika* dari lava dan *piroklasti* sedikit berbeda. Kandungan *silika* dari lava antara 48,84-55,71 % sedangkan untuk *piroklastik* antara 49,17-58,96 %

Lava berjenis *Andesit-basaltik* dengan komposisi *plagioklas*, *klinopiroxin*, *magnetit*, *olivin*, *orthopiroxin*, dan *ampibol*. Hampir semua lava berbentuk kristal yang sempurna (*porfiritik*)

Koleksi yang dimiliki oleh BPPTK, Direktorat *Vulkanologi* dan *Mitigasi* Bencana Geologi. Berikut ini adalah hasil analisa dari contoh batuan Letusan 1997.

Tabel 2.1 : Hasil analisa kimia batuan beku Gunung Merapi, 1997

Unsur	Contoh 1	Contoh 2
SiO ₂	54,56	54,61
Al ₂ O ₃	18,37	18,68
Fe ₂ O ₃	8,59	8,43
CaO	8,33	8,31
MgO	2,45	2,17
Na ₂ O	3,62	3,82
K ₂ O	2,32	2,23
MnO	0,17	0,17

TiO₂	0,92	0,91
P₂O₅	0,32	0,30
H₂O	0,11	0,12
HD	0,20	0,18

Sumber : BPPTK, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Kandungan *silika* dari sample abu sejak Letusan 1992 sampai dengan letusan 2001 berkisar antara 53,95-60,34 %.

- Analisa Gas

Sampling gas di puncak Gunung Merapi (Lapangan *Solfatara Gendol* dan *Woro*) dilakukan secara berkala setiap 4 bulan atau 6 bulan sekali. Sampling terakhir yang dilakukan pada Mei 2001 dan hasilnya sebagai berikut:

Tabel 2.2 : Hasil Analisa Gas Vulkanik Gunung Merapi, Mei 2001

LOKASI	KONSENTRASI GAS (% mol)										Suhu (°C)
	Unsur	H ₂	O ₂ +Ar	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	HCl	H ₂ O	
Gendol-1	0,35	0,001	0,09	0,004	3,69	0,77	0,64	0,43	94,01	-	635
Gendol-2	0,32	0,006	0,04	0,005	4,15	0,74	0,58	0,43	93,73	-	635
Woro-1	0,20	0,004	0,03	0,004	4,56	0,71	0,71	0,38	93,40	-	611
Woro-2	0,26	0,005	0,09	0,004	4,33	0,55	0,54	0,37	93,86	-	611

Sumber : BPPTK, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

- Analisa Air

Sampling air, baik air sumur penduduk, sungai, mata air maupun air hujan dilakukan secara berkala yang bertujuan untuk mengetahui kondisi air sehubungan dengan kegiatan vulkanik Gunung Merapi.

Pada tingkat aktif-normal, emisi gas SO₂ yang diukur dengan *Correlation Spectrophotometer (COSPEC)* sebesar < 100 ton per hari, nilai tersebut akan

bertambah besar seiring dengan peningkatan kegiatan Merapi. Dampak lingkungan yang diakibatkan dari pelepasan gas vulkanik secara terus-menerus menunjukkan, bahwa cuplikan air sumur yang berada di sektor barat dan sektor timur mempunyai PH (Tingkat keasaman) antara 5,2-5,5. Sedangkan data air hujan yang diambil dari sektor selatan (Pos Pengamatan Kaliurang) PHnya antara 3,0-5,8. Fenomena tersebut diduga erat kaitannya dengan *emisi* gas yang dilepaskan dari Merapi. Secara garis besar, berdasarkan komposisi utama dari air tersebut masih layak minum.

Tabel 2.3 : Hasil Analisa Kimia Air Sumur Penduduk Desa Sewukan (lereng barat Merapi), Juli 1998 dan Mei 1999

UNSUR	KOMPOSISI AIR SUMUR (ppm)		STANDARD WHO (1993)
	Juli, Pasca Letusan '98	Mei, 99 Aktif normal	
SiO ₂	31,40	19,52	
Al	td	td	0,20
Fe	td	td	0,30
Ca	14,61	35,62	
Mg	7,41	6,85	
Na	7,40	7,71	200
K	2,25	1,69	
Mn	td	td	0,01
NH ₃	2,02	2,23	1,5
SO ₄	27,01	22,25	250
Cl	80,35	40,70	250
HCO ₃	113,35	70,28	
B	0,16	td	0,3
H ₂ S	12,99	1,08	0,05
pH	7,5	6,8	

Sumber : BPPTK, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

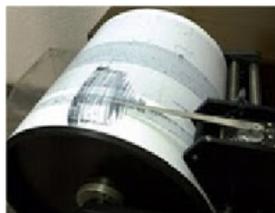
2.2.2. Geofisika

Seiring dengan perkembangan teknologi, sejak 1984 ketika sinyal data dapat dikirim melalui pemancar radio (*radio telemetry*) sistem tersebut mulai dipergunakan dalam mengamati aktivitas gunung api di Indonesia, termasuk di Gunung Merapi. Dan sejak saat itu gejala awal letusan lebih akurat karena semuasensor dapat ditempatkan sedekat mungkin dengan pusat kegiatan tergantung kekuatan pemancar yang dipergunakan, secara normal dapat menjangkau hingga jarak antara 25-40 km.

Hampir setiap letusan Gunung Merapi, terutama sejak diamati dengan seksama yang dimulai tahun 80-an, selalu diawali dengan gejala yang jelas. Secara umum peningkatan kegiatan lazimnya diawali dengan terekamnya gempa bumi *vulkanik-dalam* (tipe A) disusul kemudian munculnya gempa *vulkanik-dangkal* (tipe B) sebagai realisasi migrasinya *fluida* ke arah permukaan. Ketika kubah mulai terbentuk, gempa fase banyak (MP) mulai terekam diikuti dengan makin besarnya jumlah gempa guguran akibat meningkatnya guguran lava. Dalam kondisi demikian, tubuh Merapi mulai terdesak dan mengembang yang dimonitor dengan pengamatan deformasi.

Untuk menghitung Geofisika dapat menggunakan alat-alat sebagai berikut:

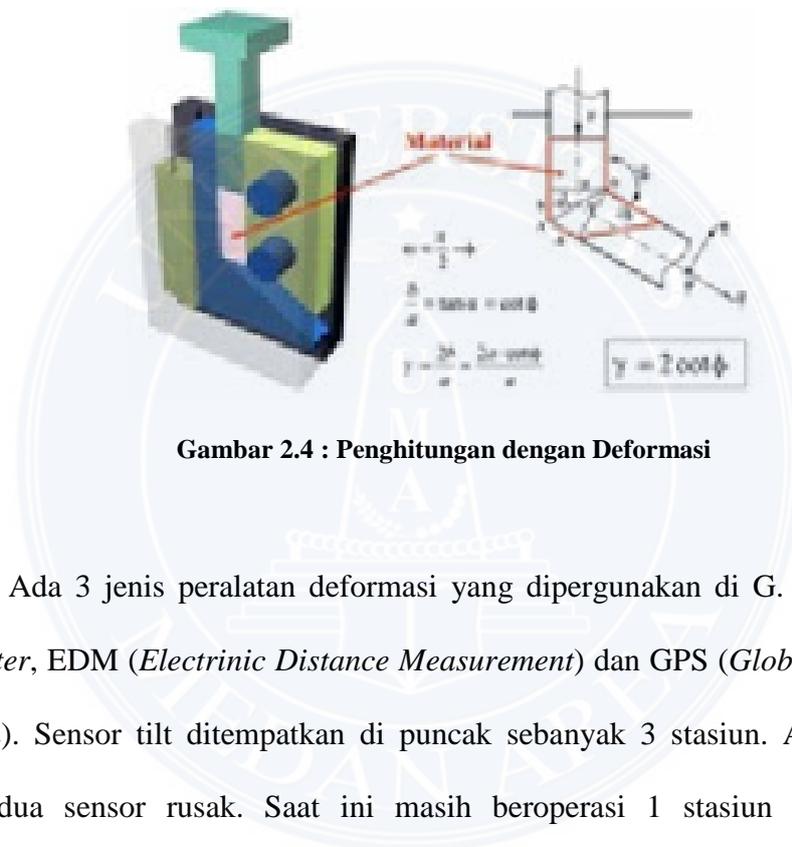
- *Seismograf*



Gambar 2.3 : Seismograf

Gempa Gunung Merapi dimonitoring dengan seismograf sistem pancar radio (*radio telemetry system*) sebanyak 8 (delapan) stasiun. Signal gempa dipancarkan ke Kantor BPPTK di Yogyakarta dan direkam secara analog dan digital.

- **Deformasi**



Gambar 2.4 : Penghitungan dengan Deformasi

Ada 3 jenis peralatan deformasi yang dipergunakan di G. Merapi, yaitu *Tiltmeter*, EDM (*Electric Distance Measurement*) dan GPS (*Global Positioning System*). Sensor tilt ditempatkan di puncak sebanyak 3 stasiun. Akibat letusan 1998 dua sensor rusak. Saat ini masih beroperasi 1 stasiun yang datanya dipancarkan melalui radio kemudian direkam di Kantor BPPTK.

Pengukuran EDM dilakukan secara berkala dari Pos Pengamatan Babadan. Ada 5 reflektor di sisi baratdaya puncak Merapi. Pengukuran GPS juga dilakukan secara berkala dari titik tetap di sekitar puncak dan lereng.

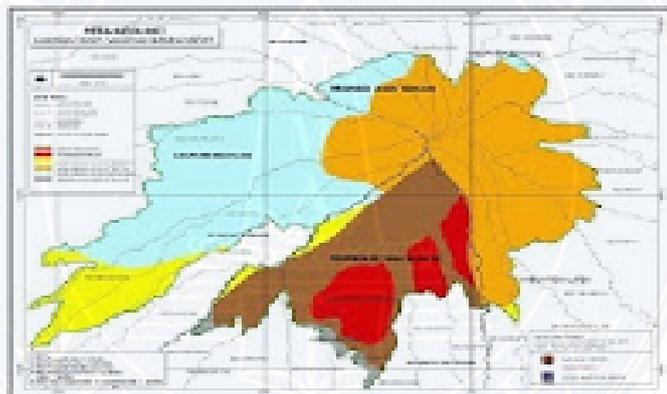
- **Geomagnet**

Monitoring Merapi dengan geomagnet baru berjalan sekitar 5 tahun. Ada 3 stasiun, masing-masing Stasiun Ijo, Lempong, dan Cemoro dengan stasiun

referensi adalah Stasiun Ijo. Data dikirim ke Kantor BPPTK dengan *system telemetri radio*.

2.2.3. Geologi

Apabila diurut dari utara ke selatan, gunung api di Jawa Tengah akan dijumpai jajaran Gunung Ungaran, Telomoyo, Merbabu, dan terakhir Gunung Merapi. Dari keempat gunung tersebut, hanya Gunung Merapi yang masih bertahan sebagai gunungapi sampai saat ini.



Gambar 2.5 : Peta Geologi G. Merapi

Awan panas atau dikenal juga dengan aliran *piroklastik* tidak dapat dipisahkan dari setiap letusan G. Merapi yang kemudian dikenal dengan Tipe Merapi. Secara terminologi, Tipe Merapi atau awan panas tersebut dibedakan atas 2 macam, masing-masing awan panas letusan dan awan panas guguran.

Awan panas letusan (Suryo, 1978) serupa dengan *St. Vincent type pyroclastics flows* (Escher, 1933 dan Macdonald, 1972) sebagai akibat langsung dari penghancuran batuan penutup/kubah karena letusan. Sedangkan awan panas

guguran atau *domecollapse pyroclasticflows* sebagai akibat hancurnya kubah karena gravitasi, hal ini berkaitan dengan besarnya volume kubah aktif. Berdasarkan karakterisasi dari endapan vulkanik tersebut, Newhall, dkk (2000) membagi endapan letusan Merapi menjadi 3 jenis, yaitu Endapan Proto Merapi, Endapan Merapi Tua, dan Endapan Merapi Muda.

Endapan Proto Merapi diperkirakan berumur *Pleistosen* dan ditemukan di Bukit Turgo dan Plawangan (sisi selatan Merapi). Endapan Merapi Tua terdiri dari lava yang dikenal dengan *Lava Batulawang* (Bahar, 1984) berselingan dengan endapan *piroklastik* yang berumur 9630 ± 60 BP, dapat dijumpai di Srumbung, Cepogo. Proses pembentukan Merapi Tua berakhir dengan pelengserang endapan *debris* vulkanik dalam tahun 0 Masehi. Merapi Muda berlangsung sejak 1883 sampai sekarang.

Berthommier, 1990 bahkan membagi pembentukan Merapi dalam 5 tahap, yaitu Pra Merapi (>400.000 tahun yang lalu), Merapi Tua berumur antara 400.000 sampai 6.700 tahun yang lalu, kemudian tahap ketiga adalah Merapi Menengah antara 6.700-2.200 tahun yang lalu, Merapi Muda 2.200-600 tahun yang lalu dan Merapi Sekarang sejak 600 tahun lalu. A.D Wirakusumah. yang melakukan pemetaan geologi Gunung Merapi dalam tahun 1989 menyebutkan hanya dua waktu, yaitu batuan Gunung Merapi Muda dan Merapi Tua.

Batuan Gunung Merapi Muda terdiri dari Aliran lava *andesit piroksen* Endapan jatuhan *piroklastika* Merapi, Endapan aliran *piroklastika* muda dan guguran Merapi, dan Endapan lahar muda. Sedangkan batuan Merapi Tua terdiri

dari Endapan aliran *piroklastika* tua Merapi, Endapan lahar tua Merapi, dan Aliran lava *andesit piroksen*.



Gambar 2.6 : Material G. Merapi

Secara garis besar pergeseran titik letusan tersebut dimulai dari sisi barat laut pindah ke timur kemudian ke selatan dan kini kembali menempati sisi barat daya. Akibat rajinnya meletus dan pusatnya selalu berpindah-pindah tempat serta setiap akhir dari satu siklus letusan hampir selalu menghasilkan kubah, maka topografi puncak Gunung Merapi selalu berubah wajah.

Puncak Gunung Merapi adalah kesetimbangan antara pembentukan dan penghancuran kubah. Pada prinsipnya kubah lava yang tidak dihancurkan adalah bagian dari puncak dan kubah lava yang dihancurkan adalah bagian dari kawah. Pada umumnya kubah baru yang terbentuk akan tumbuh disamping atau tidak jauh atau tepat pada posisi kubah sebelumnya (Kubah 2001 tumbuh tepat di puncak Kubah 1998).

2.3. Panas Bumi Gunung Merapi Sebagai sumber Energi PLTP

Dalam Gunung Merapi terdapat Pusat listrik tenaga panas bumi yang mana dijadikan sebagai sumber pembangkit listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) diantaranya adalah:

- **Uap Basah**

Keadaan yang ideal, mudah dan menguntungkan untuk memanfaatkan sumber daya panas bumi adalah bila energi yang keluar dari perut bumi langsung berbentuk uap kering. tapi kenyataannya bahwa uap yang keluar dari perut bumi kebanyakan adalah dalam bentuk uap.



Gambar 2.7 : Proses pengelolaan panas bumi

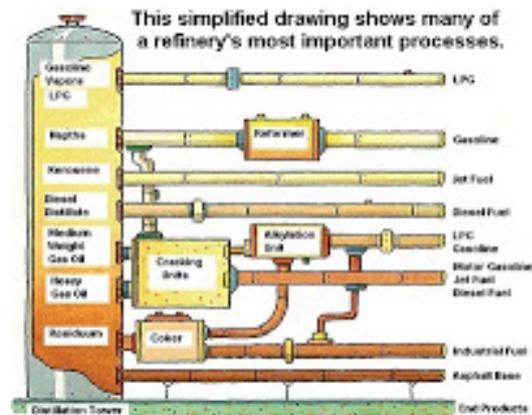
Yang terbanyak didapat adalah air panas tekanan yang setelah mencapai permukaan, mencetus dan memisah menjadi kira-kira 20% uap dan 80% air. dalam separuh air dan uap dipisahkan. Air diinjeksikan kembali kedalam tanah, untuk sebanyak mungkin menjaga keseimbangan jumlah air yang tersedia dalam tanah.

Pada gambar diatas tampak bahwa uap yang diambil dari separator dan dibawa ke turbin, sisa sebagian uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin diteruskan ke penampung sehingga berubah dalam wujud cair. Air yang masih dalam keadaan panas yang ada di penampung diteruskan ke *cooling water* (pendingin). Air yang terjadi pada pendingin kembali dipompa ke dalam tanah, sedangkan sisa uap dibuang ke udara.

Dari keterangan diatas tampak jelas bila yang didapat bukannya uap basah tapi uap kering, maka separator tidak diperlukan lagi dan uap dapat langsung digunakan untuk menggerakkan turbin. Untuk menjaga keberlangsungan hidup turbin, dan pada umumnya uap masih dibersihkan dulu sebelum dimasukkan kedalam turbin.

- **Air Panas**

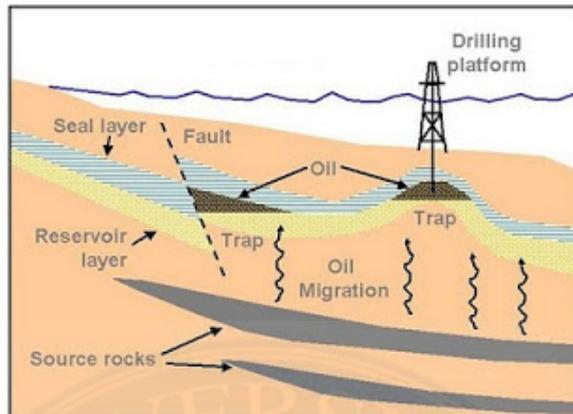
Dari perut bumi sering didapatkan air panas atau lebih tepat air asin panas (*brine*) yang suhunya tidak seberapa tinggi dan mengandung banyak mineral. Persoalanya jika air dicetus (*falshed*) secara biasa bila mencapai permukaan bumi, maka campuran mineral akan ikut naik keatas dan akan menempel pada dinding pipa-pipa sehingga lambat laun garis tengah pipa akan mengecil. Untuk mencegah air panas itu mencetus dipergunakan apa yang dinamakan sistem biner.



Gambar 2.8 : Proses Pengolahan Air Panas

Air panas dibawa ke suatu Penukar panas (*heat exchanger*) untuk kemudian diinjeksi kembali ke tanah. Siklus pertama dinamakan siklus primer. Melalui penukar panas energi yang terkandung dalam air panas dipindahkan ke sirkuit kedua, yang diisi dengan air. Air dalam sirkuit kedua setelah meninggalkan penukar panas menjadi uap, yang dimasukkan dalam turbin. Sirkuit kedua dinamakan sistem sekunder. Bila tekanan air panas dari bumi kurang tinggi, perlu dipakai pompa, yang mempunyai konstruksi khusus, karena harus tahan air asin yang sangat korosif. Medium pada sistem sekunder dapat dipakai suatu bahan yang mempunyai titik didih yang rendah, misal amonia (NH_3) atau gas Propana (C_3H_8), bila suhu air tidak terlalu tinggi.

- **Batuan Panas**



Gambar 2.9 : Proses Pengolahan Batuan Panas

Dalam perut bumi lebih banyak terdapat uap basah dari pada uap kering, begitu juga lebih banyak terdapat energi dalam bentuk batu panas yang kering. Panas ini tidak datang keatas, melainkan harus diambil sendiri. Hal ini dapat dilakukan dengan memasukkan ke dalam tanah air dingin biasa, yang menyedotnya kembali ke tempat lain sebagai uap atau sebagai air panas.

Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara, tanah dibor suatu lubang atau sumur yang mencapai batu padat yang panas. Kemudian batu padat diledakkan dengan alat nuklir. Dengan demikian sebagai batu padat menjadi pecah dan berlubang. Kemudian dibor lagi satu sumur sampai batu pecah. Kemudian air dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam batu-batu pecah yang panas. Karena dalam keadaan pecah, batu-batu ini memungkinkan air mengalir didalam sehingga menjadi panas. Pada ujung lainnya air panas ini, yang kini telah menjadi uap, diambil kembali untuk dipakai dalam pusat listrik tenaga panas bumi.