

PENYELIDIKAN GEOLOGI DAERAH PANAS BUMI SUWAWA KABUPATEN BONE BOLANGO – GORONTALO

Oleh :

Yuano Rezky, A.Rachman Hasan, Setiadarma Dirasutisna
Subdit Panas Bumi

Sari

Secara umum penyebaran batuan di daerah panas bumi Suwawa di bagian utara disusun oleh batuan Plutonik seperti Granit, Diorit. Sedangkan di bagian selatan didominasi batuan produk Bilungala dan batuan vulkanik Pinogoe berumur Tersier Atas-Kuarter Bawah. Sebaran morfologi terjal yang berpuncak tinggi-tinggi terdapat di bagian utara dibangun oleh tubuh batuan plutonik dan selatan didominasi oleh batuan vulkanik. Pada bagian tengah dibentuk oleh perbukitan bergelombang lemah hingga pedataran alluvial.

Secara umum struktur yang berperan mengontrol sistem panas bumi daerah ini berupa dua tegasan utama yaitu penunjaman Sulawesi Utara dan penunjaman Sangihe Timur dengan arah barat – timur yang ter-rejuvenasi dan membentuk struktur muda di daerah ini.

Tiga kelompok manifestasi panas bumi yaitu Libungo, Lombongo dan Pangi bertemperatur bawah permukaan berkisar 45 °C -81 °C. Sistem panas bumi Libungo memiliki tipe air klorida-sulfat sedangkan Lombongo bertipe air sulfat.

Sistem panas bumi di daerah panas bumi Suwawa terbagi menjadi tiga lokasi yaitu kelompok Lombongo, Pangi dan Libungo. Sistem panas bumi kelompok Lombongo dan Pangi dikontrol oleh struktur sesar normal Pangi dan Lombongo. Sistem panas bumi kelompok Libungo mempunyai sumber panas yang berasal dari aktivitas termuda tubuh vulkanik Pinogoe yang berumur Kuarter Bawah. Diduga sistem panas bumi Libungo terletak pada zona upflow, suhu bawah permukaan sebesar 150-188 °C.

Prospek panas bumi daerah panas bumi Suwawa berada di sekitar mata air panas Libungo. seluas ≥ 7 km², dengan heat loss sebesar ± 2.1 KWe.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Bone Bolango, propinsi Gorontalo yang baru berumur dua tahun sejak pembentukannya tahun 2003, merupakan daerah dengan prospek pengembangan yang cukup baik berdasarkan potensi penduduknya dan sumber daya alamnya. Kenyataan ini menyebabkan kabupaten ini membutuhkan pasokan energi listrik yang cukup besar, apalagi kelistrikan yang ada, hanya dipenuhi oleh bahan bakar solar. Melihat fakta di atas maka untuk memenuhi kebutuhan energinya harus mencari alternatif pengganti bahan bakar solar yang semakin langka dan mahal.

Panas bumi merupakan salah satu energi alternatif yang memiliki banyak kelebihan untuk dikembangkan. Selain cadangan yang sangat besar di Indonesia, panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan dan relatif murah untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik maupun manfaat langsung lainnya. Berdasarkan data potensi yang ada di Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, daerah ini mempunyai beberapa lokasi manifestasi panas bumi seperti di Lombongo, Libungo dan Pangi.

Daerah panas bumi berada di wilayah kecamatan Suwawa dan Kabila (sebagian

kecil) yang berjarak lebih kurang 30 km di sebelah timur kota Gorontalo yang secara administratif berada di dalam wilayah kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Propinsi Gorontalo. Luas daerah panas bumi Suwawa lebih kurang 17 x 16 km², dengan posisi geografis antara 0° 28' 13.7" - 0° 36' 54.8" lintang utara dan 123°06' 00" - 123° 15' 00" bujur timur atau 511.000 – 528.000 mT dan 52.000 – 68.000 mU pada sistem UTM zone 51 belahan bumi utara pada datum horizontal WGS 84.

2. HASIL PENYELIDIKAN

2.1 Geologi Regional

Daerah lengan utara Sulawesi ini merupakan busur gunung api yang terbentuk karena adanya penunjaman ganda yang terdiri dari lajur penunjaman Sulawesi utara di sebelah lengan utara Sulawesi dan lajur penunjaman Sangihe timur di sebelah timur dan selatan lengan utara. Penunjaman ini mengakibatkan terjadinya kegiatan magmatisme dan kegunung-apian yang menghasilkan batuan plutonik dan kerucut-kerucut vulkanik muda (Simanjuntak, 1986).

Penunjaman Sulawesi utara diduga mulai aktif sejak awal Tersier dan

menghasilkan busur gunung api Tersier yang terbentang dari Tolotoli - Gorontalo sampai dekat Menado yang merupakan lajur vulkanik api tua. Pada lajur di sebelah timur dan selatan hingga Sangihe merupakan jalur pemunculan gunung api aktif seperti gunung api Tjolo di Pulau Una-Una. Gunung api Tjolo ini pernah aktif pada tahun 1961 dengan mengeluarkan rempah-rempah gunung api yang terdiri dari abu dan tufa lapili, dan menyisakan kawah G. Tjolo di pulau Una-Una, (Katili J.A, 1980). Menurut Bachri S., dkk. (1993) daerah bagian tengah dan timur dijumpai dataran rendah yang terbentang memanjang dari danau Limboto ke Lembah Paguyaman yang diduga semula merupakan sebuah danau.

Batuan yang ada di daerah panas bumi Suwawa ini terdiri dari batuan-batuan yang berumur Tersier hingga Kuarter. Urutan batuan dari yang tertua hingga batuan yang termuda yaitu Formasi Tinombo yang terdiri dari lava basalt, basalt sepilitan, lava andesit, breksi gunung api, batu pasir wacke, batu lanau, batu pasir hijau, batu gamping merah, batu gamping kelabu dan batuan termalihkan lemah. Formasi ini berumur Eosen – Oligosen tengah (lihat Gambar 1).

Pistiwa tektonik di pulau Sulawesi telah berlangsung mulai Tersier awal oleh penunjaman Sulawesi Utara, menghasilkan tegasan Utara - Selatan. Pada masa ini terjadi pengangkatan dan kegiatan magmatisme yang menghasilkan batuan plutonik dan gunungapi yang tersebar luas di daratan Sulawesi utara dengan pola sebaran berarah barat laut – timur tenggara. Periode kedua ditandai dengan terbentuknya sesar-sesar mendatar mengangan berarah barat laut - tenggara. Sesar terbesar menurut T. Apandi dan S. Bachri (1997) adalah sesar Gorontalo yang menghasilkan *fault trap* dan kemudian membentuk depresi graben dengan memotong struktur yang terbentuk sebelumnya. Periode ketiga dicirikan dengan munculnya penunjaman Sangihe Timur dengan arah tegasan hampir barat-timur sampai utara-selatan yang diduga mulai aktif pada Kuarter Awal dan menghasilkan lajur gunungapi Kuarter yang tersingkap di daerah selatan. Periode selanjutnya adalah terbentuknya sesar-sesar muda yang memotong dan rejuvenasi dari struktur yang terbentuk sebelumnya dimana tegasan yang membentuk struktur muda ini merupakan resultan dari dua gaya yang ada dan juga menghasilkan gaya *releasing* yang diduga kuat sebagai pemunculan manifestasi panas bumi pada daerah panas bumi Suwawa.

2.2 Geologi

2.2.1 Morfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pada bentuk bentang alam, pola aliran sungai, tingkat erosi dan jenis batuan di daerah panas bumi Suwawa dapat dikelompokkan menjadi 3 (empat) satuan morfologi, yaitu satuan morfologi dataran rendah (SDR), satuan morfologi vulkanik G. Balangga dan Pinogoe (SVBP) dan satuan morfologi vulkanik G. Mogi dan Lompotoo (SVML).

a. Satuan morfologi dataran pantai (SDR)

Satuan morfologi dataran rendah secara umum tersebar di daerah-daerah di sepanjang sungai Bone yang merupakan dataran graben hingga pinggir pantai selatan dengan ketinggian berkisar antara 0 -150 m di atas permukaan laut. Dataran pantai ini dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dan penduduk setempat sebagai areal pemukiman, objek pariwisata, areal penampungan hasil laut, pelabuhan untuk para nelayan, dan juga untuk lahan pertanian/perkebunan masyarakat. Batuannya berupa satuan batuan endapan danau Limboto dan endapan pantai yang sebagian besar merupakan hasil dari erosi air dan abrasi laut. Satuan morfologi ini dibentuk oleh batupasir, konglomerat, boulder-boulder lava lapukan batuan vulkanik dan lempung umumnya hasil longsor dari batuan yang lebih tua (endapan aluvium).

Seluruh aliran sungai di daerah panas bumi Suwawa bermuara ke Teluk Tomini, laut selatan. Lembah sungai ke arah hulu berbentuk V yang mencirikan stadium erosi vertikal lebih kuat dibandingkan dengan stadium erosi horizontal, sedangkan di sungai utama berbentuk melebar hingga bentuk U. Pola aliran sungai yang merupakan kelanjutan dari arah hulu umumnya setengah bercabang (*sub-dendritik*) dengan bantaran sungai tidak terlalu tinggi dan lembah sungai melebar, mencirikan tingkat pengikisan horizontal lebih dominan dibanding arah vertikal. Tingkat pengikisan seperti ini umumnya terjadi pada musim penghujan. Pengendapan material cenderung lebih tebal di bagian muara dibandingkan pada hulu sungai.

Beberapa anak sungai merupakan sungai musiman (*intermitten*) dan hanya sungai besar saja yang merupakan sungai yang berair sepanjang tahun, seperti Bone, Tapa Dua, Wido, Mogi Kiki dan Lombongo.

b. Satuan morfologi vulkanik G. Pinogoe - Balangga (SVBP)

Satuan morfologi vulkanik G. Pinogoe - Balangga menempati bagian selatan, tenggara, dan baratdaya. Satuan ini mempunyai ketinggian antara 150-650 m dpl, umumnya berupa areal kehutanan namun ada sebagian

kecil di lereng-lereng yang agak rendah berupa perkebunan dan ladang masyarakat setempat. Puncak-puncak terjal ini dibentuk oleh batuan vulkanik Tersier bawah - Kwartir bawah (pliosen) yang berupa aliran lava gunung Pinogoe – Balangga - Mandulangi dan aliran piroklastik gunung Pinogoe.

Pola alirannya pada jenis morfologi ini menunjukkan pola memancar (radial) dari hulunya dan selanjutnya ke arah hilir berpola sejajar (paralel) dan setengah mendaun (subdendritik hingga dendritik) serta setengah menangga (subtrellis) pada saat memasuki sungai Bone. Lembah sungai umumnya berbentuk V di daerah hulu yang mencirikan stadium erosi vertikal lebih kuat apabila dibandingkan dengan stadium erosi horizontal.

c. Satuan morfologi vulkanik G. Mogi dan Lompotoo (SVML)

Satuan morfologi vulkanik G. Mogi dan Lompotoo (SVML) mempunyai ketinggian antara 150-1400 m di atas permukaan laut (dpl). Satuan morfologi ini terdapat di bagian utara yang memanjang dari barat ke timur. Satuan ini berupa areal kehutanan dan perkebunan masyarakat setempat dan hutan lindung/Suaka alam.

Satuan morfologi G. Mogi dan Lompotoo dibangun oleh batuan produk vulkanik G. Mogi dan juga G. Lompotoo yang merupakan tubuh batuan plutonik (granit, diorit) yang telah mengalami tingkat erosi kuat dan silisifikasi serta terpatahkan dan membentuk bukit-bukit berbentuk kerucut-kerucut. Di bagian tengah timur ditempati oleh satuan diorit lava G. Payango (Tmdb) yang tersilisifikasi dan terubah. Wilayah ini memiliki cukup prospek kandungan bahan galian berupa endapan tembaga porfiri dan emas yang terdapat di sekitar Tapadaa, Motomboto dan Atingola pada batuan Gunungapi tua (tersier).

Pola aliran sungai di bagian utara daerah panas bumi Suwawa umumnya setengah memancar/menyebar (*subradial - radial*) di hulunya dan menjadi setengah bercabang (*subdendritik - dendritik*) hingga setengah menangga (*subtrellis*) di sepanjang poros yang dilalui oleh aliran sungai Mogi dua, Tapadaa dan Ulanta yang mempunyai arah aliran rata-rata hampir timurlaut – baratdaya. Sungai tersebut cenderung mempunyai pola relatif agak lurus dengan lembah sungai membentuk huruf V. Tingkat pengikisan vertikal lebih aktif dibandingkan dengan pengikisan lateral. Pengikisan ini lebih umum terjadi pada musim penghujan. Sungai-sungai ini mengalir ke sungai besar Bone dan bermuara ke teluk Tomini.

2.2.2. Stratigrafi daerah penyelidikan

Hasil pemetaan di lapangan menunjukkan bahwa urutan batuan di daerah panas bumi Suwawa dapat dibagi dalam 7 satuan batuan yang terdiri dari 4 (empat) batuan vulkanik, 2 (dua) batuan Plutonik (Granit-Diorit), 1 (satu) batuan sedimen dan 1 (satu) batuan endapan permukaan.

Batuan-batuan vulkanik di daerah panas bumi Suwawa tersebut diperkirakan berasal dari satu titik pusat erupsi, yaitu Pinogoe - Balangga. Batuan sedimen berupa gamping kristalin (kalkarenit), sedangkan endapan permukaan yang terdapat di daerah ini digolongkan ke dalam satuan aluvium (Qa).

Urut-urutan batuan dari tua ke muda adalah sedimen/batu gamping, batuan vulkanik tua, batuan non vulkanik/plutonik, batuan vulkanik muda dan endapan permukaan sebagai berikut (Gambar 4)

a) Satuan Batu Gamping Kristalin (Tmgk)

Satuan Batu Gamping Kristalin (Tmgk) tersingkap di bagian tengah, atau sebelah barat dari lokasi air panas Lombongo yang membentuk punggung bukit landai yang sebagian telah tertutupi oleh lapukan batuan vulkanik. Kehadiran Satuan Batu Gamping Kristalin ini (Tmgk) mengindikasikan, daerah ini sebelumnya telah terpengaruh oleh gaya tektonik sehingga batuan ini terangkat ke permukaan. Sebaran satuan batuan ini kontak dengan batuan tua yang tersilisifikasi dan berada pada satuan morfologi satuan batuan plutonik Mogi - Lompotoo.

Secara megaskopis batuan ini mencirikan adanya sifat karbonatan, berwarna putih kekuningan sampai kuning kecoklatan, fisiknya sedikit berongga (berlobang), hancuran oleh struktur, keras, kompak, mengandung fosil.

Satuan ini merupakan satuan batuan tertua atau tersier bawah (Tmgk), kontak tidak selaras dengan batuan di atasnya.

b) Satuan lava Andesit-dasitan Bilungala (Tmlb)

Satuan Batuan Lava Andesit-dasitan Bilungala ini penyebarannya berada di bagian tengah dan selatan yaitu daerah Lombongo utara hingga ke arah timur daerah Tapadaa pada satuan morfologi SVML. Batuan yang tersingkap sebagian telah mengalami silisifikasi dan pelapukan yang cukup kuat dengan jenis batuanya berupa aliran lava berkomposisi andesitik-dasitik.

Lava andesitik berwarna abu-abu terang-gelap hingga kemerahan dan keputih-putihan, bersifat menengah, sebagian telah mengalami pelapukan dan terubah hingga tersilisifikasi

dan oksidasi, afanitik - porfiritik, kompak - getas. Susunan mineral secara megaskopis terdiri dari kuarsa, plagioklas, piroksen serta opak mineral, yang pada beberapa tempat mengandung urat-urat kuarsa dan oksida besi (Limonit). Setempat-setempat tersingkap batuan ubahan hidrotermal (argilik-propilitik-kaolinit?). Batuan ini adalah batuan vulkanik tertua di daerah ini dan tidak dikenal pusat erupsinya serta kontak dengan batuan di atasnya berupa kontak selaras dengan batuan diorit dan sebagian telah berupa soil tebal berwarna coklat tua-muda. Umurnya diperkirakan Tersier (Miosen Tengah).

c) Batuan granit Bone (Tmgb)

Batuan granit Bone ini penyebarannya berada di bagian utara dan barat laut pada satuan morfologi sedang hingga tinggi. Batuan yang tersingkap baik, relatif segar dan pada bagian permukaan telah mengalami pelapukan, berkomposisi kuarsa, orthoklas, plagioklas, biotit serta mineral-mineral opak lainnya.

Batuan granit ini berwarna abu-abu terang berbintik-bintik hitam, kompak, porfir (kasar), posisinya selaras berada di atas satuan batuan lava andesit-dasitan (Tmlb) dengan kontak soil dan lapukan batuan diantara keduanya, diperkirakan berumur Miosen Atas.

d) Batuan diorit Bone (Tmdb)

Satuan batuan Diorit Bone ini tersingkap dibagian utara dan timur laut daerah penelitian pada satuan morfologi sedang hingga tinggi (SVML). Singkapannya umumnya kompak, segar yang merupakan batuan plutonik dengan penyebarannya sekitar 30% daerah. Batuan ini bersifat asam, dilihat komposisi silika dan pada bagian permukaan mulai lapuk, berwarna putih ke abu-abuan hingga hitam serta, berbintik-bintik hitam, afanitik-porfiritik, berkomposisi kuarsa, orthoklas, plagioklas, biotit dan mineral gelap lainnya.

Kedudukannya selaras berada di atas satuan lava andesit-dasitan Bilungala (Tmlb), yang diperkirakan berumur Miosen Atas.

e) Aliran Lava Andesit Pinogoe Tua (QTvlp)

Aliran lava andesit piroksen G. Pinogoe tua ini penyebarannya berada di bagian selatan dan tenggara pada satuan morfologi landai hingga tinggi. Singkapannya relatif segar berupa aliran lava berkomposisi andesitik-piroksen.

Lava andesit ini berwarna abu-abu gelap-kehitaman, vesikular-padu, afanitik, kompak. Susunan mineral secara megaskopis terdiri dari plagioklas, piroksen dan mengandung gelas vulkanik serta mineral opak. Batuan ini

posisinya kontak tak selaras berada diatas satuan batuan lava Bilungala (Tmlb) dibawahnya.

Kejadian erupsi aliran lava diduga merupakan hasil erupsi awal produk G. Pinogoe yang berupa lava andesit, tersingkap baik, kondisi segar dengan membentuk punggung yang melandai ke arah sungai Bone.

Umur aliran lava G. Pinogoe diperkirakan Tersier Atas (Pliosen).

f) Aliran Piroklastik G.Pinogoe (QTvp)

Aliran piroklastik mempunyai pusat erupsi diduga kuat berasal dari G. Pinogoe (di selatan) yang tersingkap ke daerah bagian tengah hingga di seberang sungai Bone berupa aliran piroklastik (*ash flow*) dan terletak pada satuan morfologi landai sampai di pinggir sungai Bone.

Satuan aliran piroklastik ini berukuran abu (*ash flow*) - agak kasar sampai ukuran pasir dengan komposisi gelas vulkanik, berlokasi di bagian timur, bersifat menengah-asam (andesitik-dasitik), berwarna putih keabu-abuan-terang, retas, segar, massif. Semakin ke arah tengah penyebaran aliran piroklastik ini teramati bertekstur breksi yang terkonsolidasi dengan baik, mengandung fragmen lava andesitik - andesit piroksen, menyudut tanggung berukuran halus – kasar (antara 0.1 - 30 cm, terpilah buruk, kemas terbuka). Matriksnya terdiri dari tufa-abu pasiran yang berwarna abu-abu terang (bersifat getas), dan berporositas baik.

Kedudukan satuan aliran piroklastik Pinogoe (QTvp) relatif muda berada selaras diatas satuan aliran lava Pinogoe tua (QTvlp) dengan umurnya diperkirakan Tersier Akhir.

g) Aliran Lava G. Pinogoe Muda (Qvlp)

Aliran lava andesit-piroksen ini umumnya masih segar dengan pusat erupsinya diduga berasal dari produk akhir G. Pinogoe - Balangga. Penyebaran satuan ini berada di bagian tengah selatan pada satuan morfologi bergelombang rendah sampai sedang.

Satuan lava ini berwarna abu-abu gelap, vesikuler-masif, afanitik, kompak, keras, berkomposisi andesit-piroksen dengan mineral utama terdiri dari kuarsa, plagioklas, piroksen, hornblende dan gelas vulkanik serta opak. Satuan ini kedudukannya selaras berada diatas aliran piroklastik Pinogoe hasil aktifitas terakhir. Umur batuan diperkirakan Kuartar Bawah (Pleistosen), relatif lebih muda apabila dibandingkan terhadap aliran piroklastik dan aliran lava Pinogoe awal dengan kontak selaras.

h) Endapan Permukaan (Qa)

Endapan ini terbentuk oleh batuan aluvium yang terdiri dari pasir, kerikil, kerakal dan bolder-bolder yang merupakan hasil erosi, banjir bandang dan longoran. Endapan permukaan ini berada pada satuan morfologi dataran rendah (SDR) yang meluas ke arah bagian barat.

Karakteristik satuan aluvium adalah: berwarna coklat hingga kehitaman, terpilah buruk, berukuran lempung-bolder dengan diameter komponen mencapai sekitar 0,5 m atau lebih. Di bawah satuan aluvium ini diduga ada satuan endapan danau Limboto yang tidak tersingkap dan kemungkinan menjemari (*interfingering*) dengan satuan aluvium. Kontak dengan batuan Tersier dan gamping kristalin adalah tidak selaras (*unconformity*).

2.3 Struktur Geologi

Pola struktur geologi di daerah panas bumi Suwawa dicerminkan oleh bentuk-bentuk volcanic trend, fault trap, zona depresi, kelurusan, paset segi tiga, dinding/ tebing patahan (gawir sesar), kekar gerus, *offset* batuan dan topografi, kelurusan sungai, bukit dan topografi, zona hancuran batuan, *slicken side*, dan hadirnya manifestasi panas bumi yang berupa batuan alterasi bertipe argilik (montmorilonit - kaolinit) dan pemunculan kelompok-kelompok mata air panas, yang merupakan jejak sesar yang berkembang. Berdasarkan data-data dan bukti yang terdapat di lapangan, ada sekitar 8 buah sesar utama yang merupakan struktur kontrol geologi panas bumi yang berkembang di beberapa tempat akibat dari proses tektonik ini terbentuknya sesar-sesar orde lanjut seperti sesar Duano, Tapadaa, Biluango, Lompotoo.

Struktur-struktur sesar tersebut akan diuraikan lebih lanjut berdasarkan perioda pembentukan sesar, sebagai kontrol geologi dan pemunculan manifestasi panas bumi yaitu:

a) Sesar Lombongo

Berarah barat-laut-tenggara sampai barat-timur, pada periode awal merupakan zona lemah yang membentuk pola sebaran batuan plutonik tersier. Sesar tertua ini dicirikan dengan tersingkapnya batuan plutonik tersier, dimana pada citra landsat terlihat jelas batuan plutonik dibatasi oleh sesar ini yang memanjang sampai bagian barat.

b) Sesar Gorontalo

Berarah barat-laut - tenggara (N330°E), membentuk *fault trap* tempat terakumulasinya endapan danau yang tersingkap jelas pada bagian barat. *Fault trap* yang dihasilkan oleh sesar gorontalo membentuk zona depresi berarah barat-timur sebagai proses yang

mengikuti berkembangnya sesar Gorontalo ini. Beberapa sesar yang terbentuk akibat zona depresi antara lain adalah sesar Libungo yang membatasi pemunculan mata air panas Libungo. Sesar ini sangat berperan sebagai kontrol pemunculan manifestasi panas bumi Libungo serta kondisi geologi sebagai produk akhir dari aktivitas G. Pinogoe berumur Kuartar bawah.

c) Sesar Libungo

Sesar Libungo terbentuk pada periode kedua mengikuti perkembangan sesar Gorontalo dan merupakan sesar normal pada zona kelurusan lanjutan sesar Limboto di bagian barat. Berarah barat-timur yaitu searah aliran sungai Bone dan merupakan bidang graben bagian selatan dengan blok selatan sebagai blok yang relatif naik.

Sesar ini di lapangan tidak muncul ke permukaan akibat tertimbun oleh endapan yang lebih muda, akan tetapi dari bentuk aliran sungai yang berubah-ubah mencirikan keberadaan sebuah struktur sesar.

d) Sesar normal Pangi

Sesar Pangi yang terbentuk pada periode kedua ini diperkirakan sesar normal yang berarah timur-barat, dimana blok sebelah selatan relatif naik terhadap blok bagian utara yang dicirikan oleh perbedaan topografi serta pembelokan sungai sepanjang bidang geser. Indikasi lain terdapat pada kekar gerus, bentuk topografi, penorehan perbukitan akibat gaya gerak dari pembentukan sesar ini, disamping itu juga adanya breksiasi batuan dijalar patahan tersebut dan diperkirakan terbentuk pada periode yang sama.

f) Sesar Duano

Sesar Duano ini diperkirakan terbentuk pada periode ketiga dimana gaya utama yang berperan adalah gaya dari penunjaman Sangihe Timur. Sesar ini merupakan sesar normal berarah barat-laut-tenggara (N330°E) dimana blok bagian timur relatif turun terhadap blok bagian barat. Indikasi di lapangan adalah gawir patahan, kekar gerus, pemunculan batu gamping kristalin dan bentuk topografi yang menyolok serta zona hancuran/rekahan yang memunculkan mata air dingin yang terdapat disepanjang sesar di lokasi ini.

Disamping sesar primer yang terdapat di daerah ini banyak pula terbentuk sesar sekunder (*secondary/minor fault*) yang secara umum arahnya agak berlawanan dan ada pula yang hampir sejajar dengan sesar utama ini atau N 300 °E.

g) Sesar Lombongo periode lanjut

Sesar ini juga merupakan sesar utama yang berposisi di bagian timur atau sebelah

utara sungai Bone yang pada periode awal merupakan zona lemah munculnya batuan plutonik. Pada periode keempat terjadi gaya penunjaman Sulawesi Utara dan Sangehe Timur serta resultan dari kedua gaya tersebut, zona ini terejuvenasi menjadi sesar normal. Gejala-gejala pemunculan di lapangan diindikasikan dari adanya pola kekar gerus, *slickenside*, dan gawir (setempat-setempat) maupun *triangular facet*.

h) Sesar Batunobatuo

Sesar utama Batunobatuo yang merupakan sesar normal menganan terdapat dibagian selatan daerah penelitian dengan arah N 330° E. Indikasi di lapangan terdapat jurus kekar gerus pada singkapan batuan, disamping adanya gejala penorehan bukit, *triangular facet* dan pengekaran.

i) Sesar Biluango

Sesar Biluango ini diperkirakan sesar mendatar mengiri yang memotong batuan vulkanik tua dengan arah baratlaut–tenggara atau N 345 °E yang terdapat dibagian baratdaya daerah penelitian. Sesar ini diperkirakan terbentuk oleh gaya penunjaman Sangehe Timur bagian selatan dimana arah tegasan utamanya baratlaut - tenggara. Pemunculannya di lapangan ditunjukkan dengan adanya gawir dan kekar gerus. Indikasi lainnya adalah *triangular facet* dan zona hancuran.

j) Sesar Tapadaa

Berarah hampir utara-selatan, dimana blok barat relatif naik terhadap blok bagian timur. Sesar Tapadaa ini dicirikan dengan ditemukan banyak gawir patahan, kekar gerus, slicken side, bentuk topografi dan mineralisasi dan breksiasi pada kontak batuan tua dengan diorit. Hal ini sebagai pertanda sebuah sesar berarah hampir utara – selatan, yang searah dengan aliran sungai besar Tapadaa.

2.4 Manifestasi Panas Bumi

2.4.1 Batuan Ubahan

Beberapa lokasi batuan ubahan ditemukan di sekitar desa Tapadaa yang tersusun oleh mineral argilik, propilitik dan kaolinit.

2.4.2 Mata Air Panas

Hasil penyelidikan menunjukkan beberapa manifestasi panas bumi yang berupa mata air panas di beberapa lokasi yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Suwawa (meliputi Desa Libungo, Duano, Lombongo dan Lumbaya bulan), Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo yaitu:

a. Mata Air panas Libungo-1

Manifestasi ini berada di Dusun Air Panas, Desa Libungo yang berada di dalam

zona Graben Limboto. Secara geografis mata air panas tersebut terletak pada posisi 113° 35' 40" Bujur Timur dan 07° 55' 14" Lintang Selatan atau koordinat UTM (x= 516102, y=57425) ditemukan pada ketinggian 44 m diatas permukaan laut (dpl). Pemunculan mata air panas berada pada dinding/tebing dengan temperatur air panas terukur di lapangan sekitar 82.6 °C pada temperatur udara setempat 30.0 °C, pH terukur di lapangan 7.80 dengan debit sekitar 1.20 liter/detik dan tercium bau belerang (H₂S) yang menyengat pada pagi hari. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan-rekahan yang ada pada batuan vulkanik. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau, tidak berasa, dijumpai endapan oksida besi warna kuning kecoklatan dan sinter serta endapan garam yang warna keputih-putihan. Manifestasi panas bumi Libungo ini diduga ada hubungannya struktur tua Libungo yang bersumber dari panas magma sisa aktivitas terakhir dari kerucut Pinogoe.

b. Mata air panas Libungo-2

Mata air panas ini berada di Dusun Air Panas dan dekat mata air panas Libungo-1. Secara geografis mata air panas tersebut terletak pada posisi 113° 35' 40" Bujur Timur dan 07° 55' 14" Lintang Selatan atau koordinat UTM (x= 5175520, y=57988), yang ditemukan pada ketinggian 30 m dpl. Temperatur air panas terukur di lapangan sekitar 81.0 °C pada temperatur udara setempat 32.0 °C, pH terukur di lapangan 7.80 dengan debit sekitar 4.50 liter/detik. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan batuan vulkanik dan menyebar dengan luas lebih kurang dari 30 x 20 m². Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau, tidak berasa dan endapan oksida besi warna kecoklatan muncul di sepanjang aliran mata air panas serta dijumpai adanya sinter dan endapan garam warna keputih-putihan.

c. Mata Air panas Lombongo-1

Secara geografis mata air panas tersebut terletak di Dusun Lombongo, Desa Lombongo pada posisi 113° 35' 40" Bujur Timur dan 07° 55' 14" Lintang Selatan atau koordinat UTM (x= 520184, y=60711) ditemukan pada ketinggian 81 m-dpl. Mata air panas muncul di dinding sungai Lombongo dengan temperatur air panas terukur di lapangan sekitar 48.7 °C pada temperatur udara setempat 28.0 °C, pH terukur di lapangan 7.70 dengan debit sekitar 6.20 liter/detik. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan-rekahan yang ada pada batuan vulkanik dan ditampung dalam bak penampungan oleh pemerintah Daerah setempat untuk dialirkan

ke kolam rekreasi pemandian airpanas. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau, tidak berasa, dijumpai sedikit endapan oksida besi warna kuning kecoklatan. Pemunculan manifestasi panas bumi ini diperkirakan dikontrol oleh sesar Lombongo yang berarah barat laut – tenggara.

d. Mata air panas Lombongo-2

Mata air panas ini berada dekat dengan mata air panas Lombongo-1 yang secara geografis terletak pada posisi 113° 35' 40" Bujur Timur dan 07° 55' 14" Lintang Selatan atau koordinat UTM (x=5519842, y=60578) pada ketinggian 85.00 m dpl, Temperatur air panas terukur di lapangan sekitar 41.4 °C pada temperatur udara setempat 27 °C, pH=7.8 (terukur di lapangan) dengan debit sekitar 2.40 liter/detik. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan batuan vulkanik dan mengalir masuk ke sungai Lombongo. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau, tidak berasa dan endapan oksida besi, warna kuning kecoklatan.

e. Mata Air panas Pangi

Manifestasi secara geografis berada di Dusun Pangi, Desa Lumbayabulan yang terletak pada posisi 113° 35' 40" Bujur Timur dan 07° 55' 14" Lintang Selatan atau koordinat UTM (x=527852; y=56204) pada ketinggian 77 mdpl. Pemunculan mata air panas berada memanjang di pinggir sungai Bone dengan temperatur air panas terukur di lapangan sekitar 52.6 °C pada temperatur udara setempat 29 °C, pH terukur di lapangan 7.40 dengan debit sekitar 1.20 liter/detik. Mata air panas tersebut muncul melalui rekahan-rekahan yang ada pada batuan vulkanik. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Pemunculan air panas ini di pinggir aliran sungai Bone, dikontrol oleh struktur sesar Bone yang berarah hampir timur – barat.

2.5. Kehilangan Panas (Heat loss)

Besar kehilangan energi panas di permukaan pada masing-masing lokasi manifestasi panas bumi berikut adalah;

- Kelompok Manifestasi Panas Bumi Libungo = 2104.180 Watt
- Kelompok Manifestasi Panas Bumi Lombongo = 1269.640 Watt
- Kelompok Gejala Panas Bumi Pangi = 372.152 Watt

Jumlah energi panas yang hilang = 3745.972 Watt

Total energi panas yang hilang dipermukaan untuk daerah panas bumi Libungo, Lombongo dan Pangi sebesar ± 3.75 KWe.

3. Hidrogeologi dan Model Panas Bumi

3.1. Hidrologi

Daerah penelitian panas bumi Suwawa termasuk daerah subur karena masa turun hujan mulai dari bulan Oktober sampai bulan Juni setiap tahun dengan tingkat curah hujan diatas 1500 mm per tahun. Air hujan yang turun langsung menyerap ke dalam tanah melalui sesar-sesar, rekahan dan pori-pori batuan menjadi air tanah. Daerah resapan air hujan terdapat di sekitar perbukitan bergelombang lemah sampai kuat yang menghuni kurang lebih 65% areal. Hal ini menyebabkan cadangan air permukaan dan bawah tanah yang tersedia cukup banyak.

Keadaan air tanah yang terperangkap cukup dangkal, terbukti dari sungai-sungai besar dan berair sepanjang tahun seperti sungai Bone, Lombongo, Bolango, Tapadaa, dan Wulo yang seluruhnya bermuara ke sungai besar Bone. Daerah pemunculan air atau *discharge* terdapat di sekitar dataran rendah yang terdapat di bagian tengah.

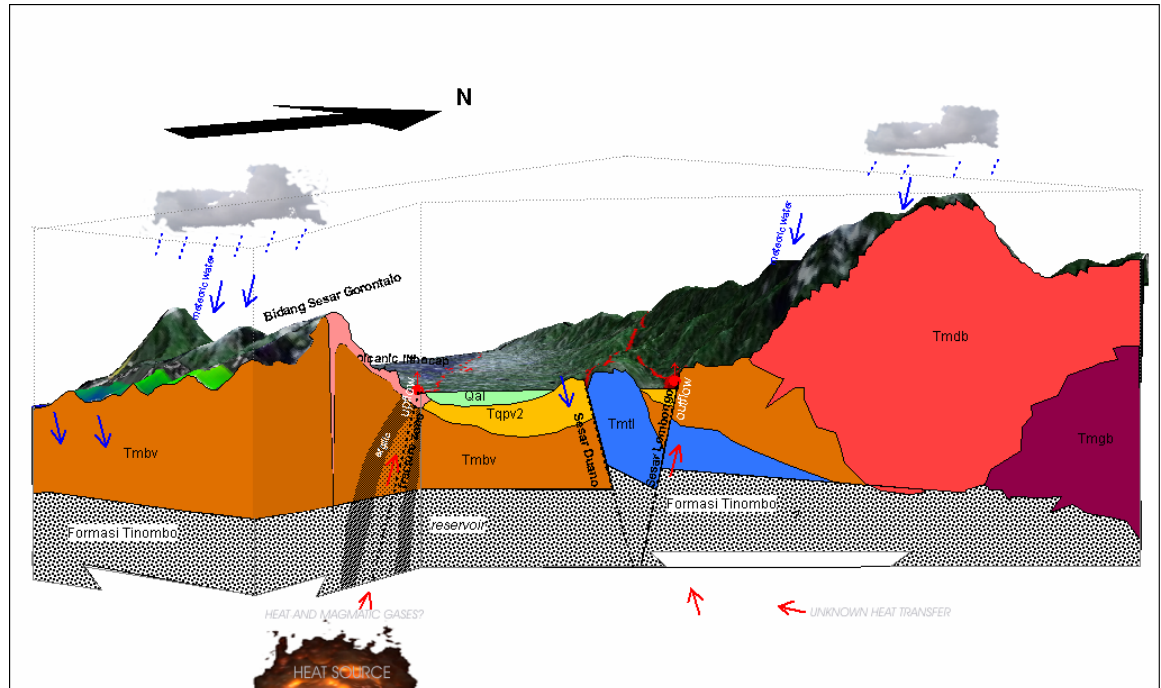
Air bawah tanah yang lolos lebih kebawah lagi kemudian terpanaskan dari sumber panas yang berada jauh di bawah permukaan. Akhirnya air panas ini terjebak dalam suatu lapisan batuan yang mempunyai kesarangan cukup besar dan menjadi reservoir panas bumi.

Curah hujan yang cukup tinggi di daerah ini langsung menyerap ke dalam tanah melalui sesar-sesar, rekahan dan pori-pori batuan menjadi air tanah. Sebagian air terjebak pada lapisan dangkal yang merembas dan kemudian mengalir sepanjang sungai Bone hulu, Bolango, Lombongo, Tapadaa, dan Wulo yang seluruhnya bermuara ke sungai besar Bone. Daerah resapan air hujan terdapat di sekitar perbukitan bergelombang lemah sampai kuat yang menghuni kurang lebih 65% areal. Hal ini menyebabkan cadangan air permukaan dan bawah tanah yang tersedia cukup banyak.

Sebagian lagi dari air hujan itu terus meresap ke bawah melalui zona lemah yang ada sehingga sampai pada lapisan yang dalam, air tersebut kemudian bertemu dengan fluida yang berasal dari magma dan akhirnya membentuk suatu sistem panas bumi. Akhirnya air panas ini terjebak dalam suatu lapisan batuan yang mempunyai kesarangan cukup besar dan menjadi reservoir panas bumi.

Daerah pemunculan air dingin atau *discharge* umumnya terdapat di sekitar dataran rendah yang terdapat di tengah, terbukti dengan aliran sungai Bone sepanjang tahun dengan debit yang besar. Mata air panas

yang merupakan manifestasi keberadaan panas bumi muncul melalui zona lemah yang berupa rekah-rekah dari bawah permukaan.



Gambar 5. Model Panas Bumi Tentatif Daerah Suwawa

3.2. Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi daerah panas bumi Suwawa dibagi menjadi tiga sistem dilihat dari tipe fluida, pemunculan manifestasi, kontrol struktur, dan perkiraan sumber panas. Sistem panas bumi yang pertama pada daerah manifestasi Lombongo yang disebut kelompok Lombongo. Sistem panas bumi yang kedua berada di daerah mata air panas Pangli yang disebut kelompok Pangli. Sistem panas bumi yang ketiga adalah sistem panas bumi kelompok Libungo yang terdapat di sekitar mata air panas Libungo.

Penampang model panas bumi tentatif dapat dilihat pada Gambar 5 yang menggambarkan bentuk dan posisi akumulasi panas pada zona hancuran di sepanjang struktur rekahan yang membentuk suatu sistem panas bumi pada kedalaman tertentu pada tubuh vulkanik muda Pinogoe.

3.2.1. Sumber Panas

Sumber panas untuk kelompok Libungo diperkirakan berasal dari magma sisa panas yang berada di bawah tubuh vulkanik muda Pinogoe muda yang merambat ke atas melalui zona struktur yang menyebar di sekitar mata air panas Libungo dan sungai Bone.

Kelompok panas bumi Lombongo diperkirakan sumber panasnya berasal dari tubuh plutonik muda yang tidak muncul dipermukaan pada kedalaman yang terdapat di sekitar mata air panas Lombongo. Hal ini dibuktikan dengan kandungan fluida sulfat, serta dijumpainya beberapa lokasi batuan ubahan hidrotermal. Tetapi kemungkinan sistem panas bumi Lombongo ini hanya merupakan fosil dari aktivitas gunungapi di jaman Tersier yang sudah padam. Adapun kelompok panas bumi Pangli diduga masih berhubungan erat dengan pembentukan sistem panas bumi Hungoyono yang berada ke arah timur.

3.2.2 Reservoir

Reservoir panas bumi yang dibahas disini hanyalah yang menjadi bagian dari sistem panas bumi Libungo, karena untuk sistem panas bumi Lombongo dan Pangli diduga merupakan sisa panas. Batuan wadah tempat berakumulasinya fluida panas bumi (reservoir), diperkirakan berupa rekah-rekah pada tubuh vulkanik Pinogoe tua dan formasi Tinombo yang memiliki permeabilitas tinggi. Batuan wadah

ini diperkirakan memiliki *top reservoir* pada kedalaman ± 600 meter di bawah pemunculan manifestasi Libungo ke arah selatan-tenggara.

3.2.3 Lapisan Batuan Penudung

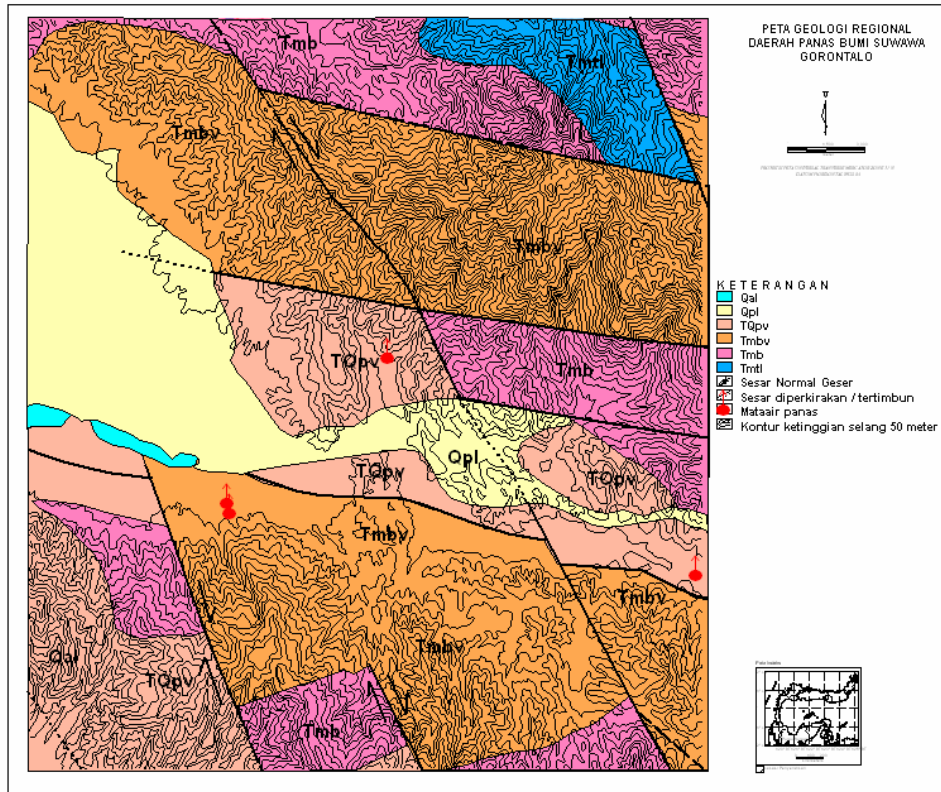
Batuan vulkanik kuartar maupun tersier diperkirakan sebagai batuan penudung bagian atas. Di bawah lapisan ini diperkirakan terdapat *claycap* sebagai hasil ubahan dari hidrothermal pada daerah Libungo yang membentuk batuan berukuran lempung dengan sifat permeabilitas dan porositas kecil.

4. Kesimpulan

- 1) Sebaran morfologi terjal yang berpuncak tinggi-tinggi terdapat di bagian utara dibangun oleh tubuh batuan plutonik dan selatan didominasi oleh batuan vulkanik. Pada bagian tengah dibentuk oleh perbukitan bergelombang lemah hingga pedataran alluvial.
- 2) Secara umum penyebaran batuan di daerah panas bumi Suwawa di bagian utara disusun oleh batuan Plutonik seperti Granit, Diorit. Sedangkan di bagian selatan didominasi batuan produk Bilungala dan batuan vulkanik Pinogoe berumur Tersier Atas-Kuartar Bawah (Andesit, piroklastik).
- 3) Terdapat dua sistem panas bumi di daerah panas bumi Suwawa. Sistem panas bumi yang pertama pada daerah manifestasi Lombongo dan Pangi, dengan struktur sesar normal Pangi dan Lombongo yang berperan mengontrol pemunculan manifestasinya, sumber panas diperkirakan berasal dari tubuh plutonik muda yang tidak muncul di permukaan pada kedalaman yang tidak diketahui. Sistem panas bumi yang kedua adalah sistem panas bumi daerah Libungo. Tubuh vulkanik Pinogoe aktivitas termuda berumur Kuartar bawah diduga sebagai sumber panas dari magma sisa yang masih dangkal pada sistem panas bumi Libungo.
- 4) Peranan struktur sesar dalam suatu daerah panas bumi sangat penting sebagai kontrol geologi dan panas bumi, yang merupakan media naiknya panas ke permukaan dan berfungsi sebagai tempat berakumulasi panas serta terbentuknya tubuh reservoir pada zona sesar/rekahan. Kontrol struktur yang sangat berperan adalah struktur yang terbentuk pada periode keempat ditandai dengan dua tegasan utama yaitu penunjaman Sulawesi Utara dan penunjaman Sangihe Timur. Tegasan struktur berarah barat – timur yang ter-rejuvenasi dan membentuk struktur muda di daerah ini merupakan resultan dari dua gaya yang ada dan juga menghasilkan gaya *releasing* yang diduga kuat memicu pemunculan manifestasi panas bumi, dan pembentukan sistem rekahan (*fracture system*) sebagai reservoir.
- 5) Tiga kelompok manifestasi panas bumi yaitu Libungo, Lombongo dan Pangi bertemperatur dari $45 - 81$ °C.
- 6) Sistem panas bumi yang terdapat di sekitar manifestasi Libungo diperkirakan sangat menarik, ditandai oleh nilai tahanan jenis rendah dengan tipe air klorida-sulfat.
- 7) Heat loss yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah sebesar ± 3.75 KWe.

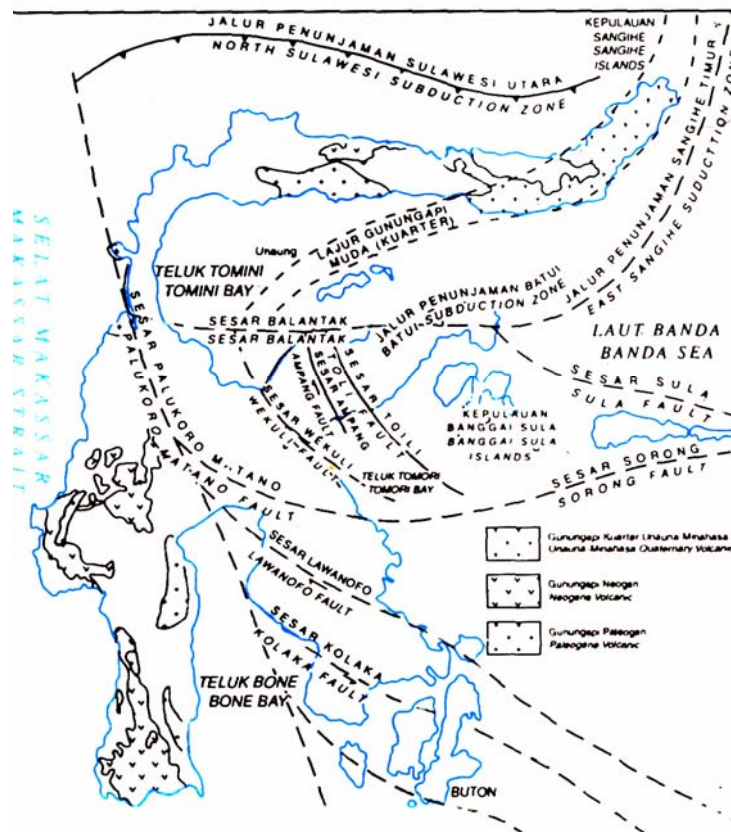
DAFTAR PUSTAKA

- 1) Bammelen, van R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. I A. The Hague, Netherlands.
- 2) Dutro, J.T, 1989, *AGI Data Sheet for Geology In the Field, Laboratory and Office*, Alexandria, US.
- 3) Hochstein, MP;1982: Introduction to Geothermal Prospecting, Geothermal Institute, University of Auckland, New Zealand.
- 4) Lawless, J., 1995. *Guidebook: An Introduction to Geothermal System*. Short course. Unocal Ltd. Jakarta
- 5) Thorpe R & Brown G., *The Field Description of Igneous Rocks*, Dept. of Earth Science The Open University, John Willey & Sons, New York.

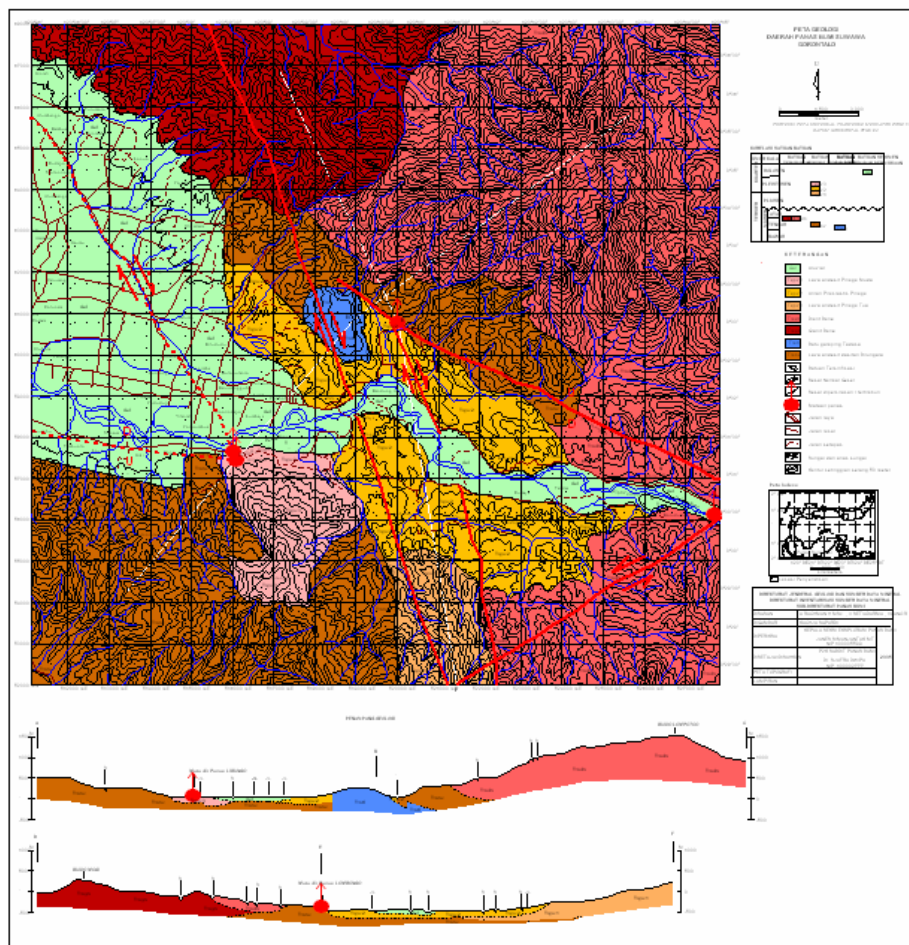


Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Panas Bumi Suwawa (Sumber T Apandi dan S Bachri, 1997)

PETA TATAAN TEKTONIK DAERAH SULAWESI
TECTONIC SETTING MAP OF THE SULAWESI AREA



Gambar 2. Peta Tataan Tektonik Daerah Sulawesi (Sumber T Apandi dan S Bachri, 1997)



Gambar 3. Peta Geologi daerah panas bumi Suwawa

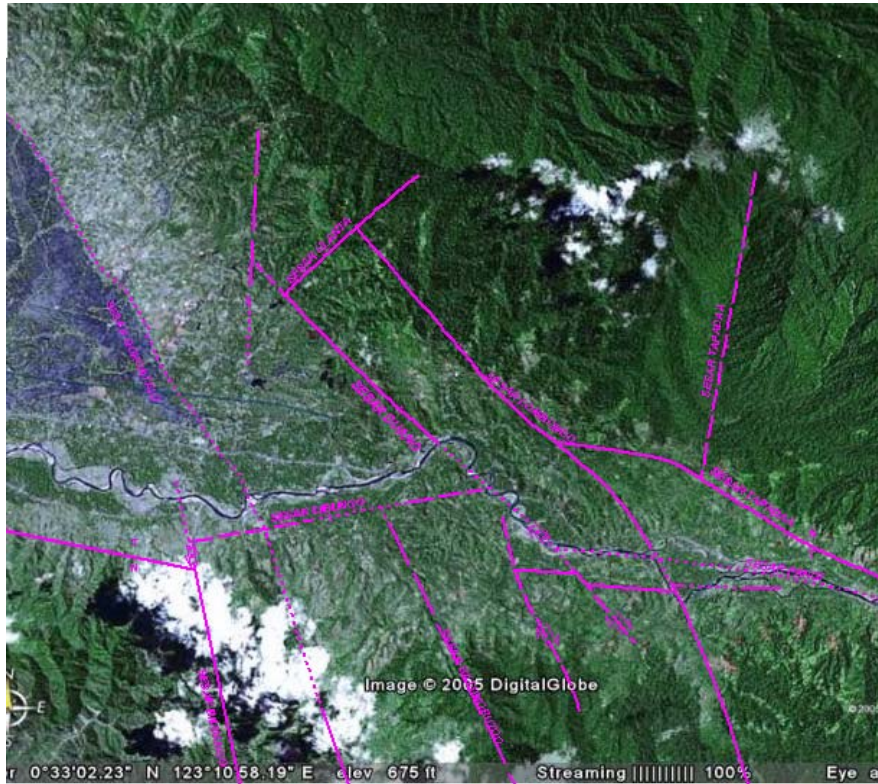
KORELASI SATUAN BATUAN

UMUR	KALA	BATUAN TEROBOSAN	BATUAN GUNUNG API	BATUAN GAMPING	BATUAN SEDIMEN ENDAPAN PERMUKAAN
KUARTER	HOLOSEN				Qal
	PLEISTOSEN		Tqpu3		
TERSIER	PLIOSEN		Tqpu2		
			Tqpu1		
	MIOSEN	Tmbd	Tmbg	Tmbu	TmB
	BAWAH				

KETERANGAN

- Aluvial
- Lava andesit Pinogo Muda
- Aliran Piroklastik Pinogo
- Lava andesit Pinogo Tua
- Diorit Bone
- Granit Bone
- Lava andesit dasitan Bilungala
- Batu gamping Tadaka

Gambar 4. Susunan stratigrafi daerah panas bumi Suwawa



Gambar 5. Citra Landsat dan pola struktur daerah Panas bumi Suwawa (Google-Earth 2005)