

## **PENYELIDIKAN PANAS BUMI PENDAHULUAN WILAYAH KABUPATEN BURU – MALUKU**

**Bangbang Sulaeman, Edy Sumardi, Dede Iim Setiawan**

**Kelompok Program Penelitian Panas Bumi**

### **ABSTRACT**

The stratigraphy of Buru island is grouped into nine group of rock units, from the oldest to the youngest, namely: Pra-Tertiary Metamorphic Group (Pz), Triassic(Tr), Jurassic-Eocene (JE), Oligocene (To), Miocene (Tm), Pliocene (Tp), Ambalau Volcanic Rocks (Tpa), Plistocene (Qp), and Holocene Sediment Group (Qh).

Geothermal manifestations are as hot spring, hot ground, and bubble gases in three locations, there are Waeapo manifestation, Batubual, and Kepalamadan manifestation. Waeapo manifestation consist of two hot springs (99.8 °C and 105.5 °C), hot ground (80 °C ). The Batubual manifestations are two hot springs (65.5 °C and 69.4 °C). Kepalamadan manifestations are three hot springs (67.4 °C, 86.7 °C and 90.8 °C) and two bubble gases ( 42 °C and 46 °C).

Kepalamadan and Waeapo manifestations are bicarbonate-chloride type, Batubual is chloride type, Airmandidi is bicarbonate type, and Debowae is sulfate acid type. There are located in sedimentary rocks.

The minimum subsurface temperature is estimated about 145 – 151 °C (SiO<sub>2</sub> Geothermometer conductive cooling) and the maximum is 160 – 237 °C (Na/K), which could be categorized into “intermediate – high enthalpy”.

The speculative potency of geothermal resources from Kepalamadan geothermal area is about 75 Mwe, Waeapo is 90 Mwe, and Batubual area is 90 Mwe.

### **SARI**

Stratigrafi Pulau Buru terdiri dari 9 satuan batuan, dari tua ke muda yaitu: Kelompok Malihan Pra-Tersier (Pz), Kelompok Trias (Tr), Kelompok Jura – Eosen (JE), Kelompok Oligosen (To), Kelompok Miosen (Tm), Kelompok Pliosen (Tp), Batuan Gunungapi Ambalau (Tpa), Kelompok Plistosen (Qp), dan Kelompok Endapan Holosen (Qh).

Manifestasi panas bumi berupa mata air panas, tanah panas dan bualan gas yang terdapat di 3 lokasi, yaitu Manifestasi Waeapo, Batubual, dan Manifestasi Kapalamadang. Manifestasi Waeapo terdiri dari 2 mata air panas (99.8°C dan 105.5 °C) dan tanah panas (80 °C), Batubual terdiri dari 2 mata air panas (65.5 °C dan 69.4 °C) , Kepalamadang terdiri dari 3 mata air panas (67.4 °C, 86.7 °C dan 90.8 °C) dan 2 bualan gas (42 °C dan 46 °C)

Manifestasi Kepalamadan dan Waeapo bertipe klorida - bikarbonat, Batubual bertipe klorida, Airmandidi bertipe bikarbonat dan Debowae bertipe sulfat asam. Kemunculan manifestasi umumnya berada pada lingkungan sedimen.

Pendugaan temperatur bawah permukaan dengan metoda geotermometer SiO<sub>2</sub> (*conductive cooling*), temperatur minimum sebesar 145 – 151 °C, sedangkan temperatur maksimum 160 - 237 °C (Na/K), termasuk ke dalam entalphi sedang sampai tinggi.

Potensi sumber daya spekulatif di Kepalamadan diperkirakan sebesar 75 Mwe, Waeapo 90 Mwe, dan Batubual 90 Mwe.

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penyelidikan**

Panas bumi merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang memiliki banyak kelebihan untuk dikembangkan dibandingkan

energi alternatif lainnya. Selain cadangannya yang sangat besar di Indonesia, panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan dan kompetitif, terutama untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik bagi daerah yang memiliki keterbatasan sarana dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik.

Selama ini kebutuhan listrik Pulau Buru dipenuhi dengan listrik tenaga diesel, yang secara operasional produksinya berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) milik Perusahaan Listrik Negara, (PT.Persero) dengan total daya terpasang sebesar 8.072 kW.

Untuk mengembangkan panas bumi di daerah ini perlu dilakukan penyelidikan secara bertahap, sehingga dengan penyelidikan yang berkesinambungan ini, diperoleh data yang lebih baik.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan kegiatan penyelidikan ini adalah untuk mengetahui potensi panas bumi dengan memadukan dua metode penyelidikan, yaitu geologi dan geokimia, sehingga potensi panas bumi daerah ini dapat diketahui.

## 1.3 Posisi Daerah Penyelidikan

Secara geografis, daerah penyelidikan yang luasnya mencapai 12.655 km<sup>2</sup> berada pada koordinat 9575000 mU - 9662500 mU dan 167500 mT - 307500 mT pada sistem UTM Zone 52, belahan bumi selatan. (Gambar 1).

## 2. GEOLOGI

Morfologi daerah penyelidikan dibagi menjadi tiga satuan, yaitu:

- Satuan morfologi pegunungan
- Satuan morfologi perbukitan
- Satuan morfologi pedataran

Stratigrafi daerah penyelidikan dikelompokkan menjadi 9 kelompok satuan batuan (Gambar 2). Urutan dari tua ke muda yaitu:

- Kelompok Malihan Pra-Tersier (Pz)
- Kelompok Trias (Tr)
- Kelompok Jura - Eosen (JE)
- Kelompok Oligosen (To)
- Kelompok Miosen (Tm)
- Kelompok Pliosen (Tp)
- Batuan Gunungapi Ambalau (Tpa)

- Kelompok Plistosen (Qp)
- Kelompok Holosen (Qh)

### a. Kelompok Malihan Pra-Tersier (Pz)

Kelompok ini tersebar memanjang dari bagian utara ke selatan, timur laut, timur dan sampai ke bagian tenggara daerah penyelidikan dengan luas sekitar 50 %. Terdiri dari sekis, filit, batupasir arkosa malih, kuarsit, dan pualam yang berumur Perm. Singkapan berupa sekis ditemukan di pinggir pantai, bagian selatan Tanjung Karbao, Selat Kayeli di Daerah Namlea. Terdapat sebagai singkapan jendela pada endapan undak (Qh). Sekis berwarna abu-abu kehijauan sampai abu-abu muda dengan arah jurus dan kemiringan pendaunan yang relatif timur-barat. Terdapat kuarsit berwarna putih kecoklatan yang berupa sisipan dengan ketebalan sekitar 1 - 5 cm. Singkapan yang sama banyak sekali ditemukan di beberapa sungai, seperti di Sungai Waesamana, Waelumara, Waemlaba, Waemitih, dan Sungai Waenibe.

### b. Kelompok Trias (Tr)

Kelompok ini terdiri dari Formasi Ghegan dan Formasi Dalan.

Formasi Ghegan tersebar di bagian barat, selatan, dan setempat di bagian tengah daerah penyelidikan. Terdiri dari batugamping dolomitan, kalkarenit, serpih, dan napal yang berumur Trias. Singkapan batugamping paling banyak terdapat di Daerah Biloro dan Pasir Putih, di bagian barat daerah penyelidikan.

Formasi Dalan penyebarannya meliputi bagian barat, selatan, dan timur daerah penyelidikan. Bagian barat berada di sekitar Gunung (Kaku) Mortinatina memanjang ke arah timur, Kaku Palatmada dan Kaku Wadokan yang tersingkap karena adanya lipatan antiklin yang mengakibatkan satuan ini terangkat ke permukaan. Formasi ini menempati hampir 16 % dari luas daerah penyelidikan. Terdiri dari batupasir, serpih, batulanau, dan konglomerat yang berumur Trias. Batupasir dan serpih dapat ditemukan di Sungai Waedalam dan Waenoso yang umumnya berlapis baik. beberapa lokasi memperlihatkan perselingan antara batupasir

dan serpih. Salah satunya di bukit Fatu Tofi, batupasir berselingan dengan serpih (N160°E/31°). Batupasir berwarna abu-abu kecoklatan, getas, ukuran butir pasir sedang-halus, non karbonatan, ketebalannya bervariasi antara 10 - 60 cm. Sedangkan serpih berwarna abu-abu tua-hijau, ukuran lempung, non karbonatan, ketebalan antara 5 - 30 cm.

#### **c. Kelompok Jura - Eosen (JE)**

Terdiri dari Formasi Mefa, Diabas dan Formasi Kuma. Formasi Mefa terdapat setempat-setempat dengan areal yang sangat sempit, di bagian utara sekitar Teluk Bara dan Leksula di bagian selatan daerah penyelidikan formasi ini terdiri dari lava basal dan tuf yang berumur Jura. Tuf tersingkap di Sungai Waekali dan Waenoso bersisipan lava basal (N80°E/40°), setempat terdapat lava berstruktur lava bantal (*pillow lava*). Lava berwarna segar abu-abu tua, keras dan banyak terdapat rongga amigdaloid yang terisi kuarsa serta berkembang kekar yang telah terisi oleh kuarsa. Tuf berwarna abu-abu tua sampai hijau tua, menyerpih dan pada beberapa bagian yang terkekarkan telah terisi oleh mineral kuarsa berwarna putih kecoklatan.

Diabas terdapat setempat-setempat di sekitar Tanjung Kramat dan Tanjung Waat, bagian timur Pulau Buru, berumur Jura - Kapur.

Formasi Kuma tersebar di bagian barat, yaitu Daerah Pasir Putih, Fogi, Sekat, memanjang dan meluas ke arah selatan sampai ke Waemala, Tifu, Leksula dan Walbesi. Terdiri dari kalsilutit, lutit rijangan, rijang napal, dan konglomerat yang berumur Kapur - Paleosen. Dinding Sungai Wamsasi bagian hulu tersingkap batugamping (kalsilutit) berwarna putih kotor sampai kecoklatan, sangat keras, tersusun oleh butiran yang sangat halus, karbonatan dan terdapat urat kuarsa.

#### **d. Kelompok Oligosen (To)**

Kelompok ini tersusun oleh Formasi Waeken yang terdapat setempat-setempat di sekitar Kampung Waeken, Daerah Mangeswain dan Waemulang. Terdiri dari napal, napal pasiran, dan kalsilutit yang berumur Oligosen - Miosen Tengah.

#### **e. Kelompok Miosen (Tm)**

Kelompok Miosen terdiri dari Formasi Wakatin, Formasi Hotong, dan Formasi Ftau. Formasi Wakatin terdapat setempat-setempat, terutama di Gunung Sannerpoon. Terdiri dari batugamping koral yang berumur Miosen Tengah - Miosen Atas.

Formasi Hotong penyebarannya di Daerah Fogi, Biloru, memanjang ke arah timur, yaitu selatan Waekaku dan sekitar Teluk Bara yang terdiri dari batupasir, serpih, lempung, batulanau, batugamping dan konglomerat yang berumur Miosen Tengah - Miosen Atas.

Formasi Ftau hanya terdapat setempat di Daerah Waepandan, bagian baratdaya daerah penyelidikan yang terdiri dari lava, breksi gunungapi dan tuf bersusunan andesit yang berumur Miosen Tengah - Miosen Atas.

#### **f. Kelompok Pliosen (Tp)**

Kelompok ini terdiri dari andesit dan konglomerat Formasi Leko. Andesit hanya terdapat di satu tempat, yaitu di Daerah Tifu dengan penyebaran yang sangat sempit dari andesit blotit yang berumur Pliosen. Formasi Leko penyebarannya setempat di Daerah Sekat, Fogi, Balpetu, Biloru, dan tersebar agak luas di sekitar Daerah Bara, bagian utara daerah penyelidikan yang terdiri dari konglomerat, batupasir, dan batugamping yang berumur Pliosen. Konglomerat dapat dijumpai di Daerah Sekat. Konglomerat secara umum berwarna abu-abu kecoklatan, terdiri dari fragmen berupa sekis, batugamping, kuarsa, batupasir yang berbentuk bulat-membulat tanggung yang tertanam pada batupasir karbonatan. Batugamping klastik massif berwarna coklat muda, sangat keras, berukuran butir pasir kasar-sedang, dan karbonatan.

#### **g. Batuan Gunungapi Ambalau (Tpa)**

Kelompok Batuan Gunungapi Ambalau meliputi seluruh daratan Pulau Ambalau, kecuali pada beberapa bagian bibir pantai yang bagian atasnya ditumbuhi oleh batugamping terumbu (QI). Batuan gunungapi terdiri dari lava dan piroklastik bersusunan andesit yang berumur Pliosen.

#### **h. Kelompok Plistosen (Qp)**

Kelompok ini terdiri dari batugamping terumbu dan endapan undak. Batugamping tumbuh baik di sepanjang pantai utara sampai timurlaut Pulau Buru, yaitu mulai dari Daerah Wapela sampai Namlea yang terdiri dari batugamping terumbu berumur Plistosen – Holosen, menjemari dengan Endapan Undak.

Endapan undak tersebar di bagian pesisir utara daerah penyelidikan, mulai dari Daerah Tanjung Karang ke arah timur sampai Daerah Wapela. Selain itu, di Daerah Waeleman dan Parbulu, yaitu muara Sungai Waetina, Waekiba, Waekua, dan Waelata yang terdiri dari bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung yang berumur Plistosen - Holosen.

#### **i. Endapan Holosen (Qh)**

Kelompok Endapan Holosen terdiri dari endapan danau dan aluvium.

Endapan danau terdapat di Danau Rana, sepanjang Sungai Waersali yang bermuara ke Danau Rana yang terdiri dari kerikil, pasir, lanau, dan gambut.

Sedangkan aluvium tersebar luas di Daerah Waeapo, mulai dari bibir Teluk Kayeli masuk ke arah hulu Sungai Waeapo. Di beberapa tempat penyebarannya pada muara sungai besar, terutama di bagian utara daerah penyelidikan, seperti Waebebek, Waeduna, Waemana, Waewangi, Waepati, dan Waespatit. Di selatan hanya terdapat di muara Sungai Waetirbala, Waekolo, Waesamana, Waemala, dan Waekuma yang terdiri dari bongkahan material lepas, kerikil, pasir, lanau, dan lumpur yang berumur Holosen.

Batuan ubahan didominasi oleh batuan hasil silisifikasi dan mineral lempung. Beberapa tempat di Sungai Waedalam batuan telah mengalami ubahan, diantaranya silisifikasi. Selain itu, di Sungai Waenoso terdapat juga jenis ubahan yang didominasi mineral lempung. Berdasarkan hasil analisis PIMA, mineral ubahan lempung didominasi oleh *Illite*. Keberadaannya berasosiasi dengan silisifikasi, terutama di zona breksi hidrothermal.

Dari dua tipe ubahan di atas dapat diinterpretasikan bahwa paling sedikit terdapat dua tipe fluida yang pernah berinteraksi dengan batuan induk. Pertama,

fluida bersifat netral (pH mendekati 7) jenuh silika yang menyebabkan proses silisifikasi. Kedua, menyusul fluida pertama, fluida bersifat asam (pH rendah) yang menyebabkan pembentukan mineral ubahan lempung.

Aktivitas tektonik mempengaruhi batuan di daerah penyelidikan yang terlihat dari penyebaran batuan malihan dan batuan sedimen Pra-Tersier dengan pola jurus bervariasi dan kemiringan yang besar.

Poros lipatan pada batuan sedimen Pra-Tersier, mulanya berarah sesuai dengan pola arah cekungan, yaitu baratlaut - tenggara. Lipatan terbentuk akibat gaya memadat yang berarah timurlaut - baratdaya. Akibat proses tektonik selanjutnya, bersamaan dengan pelipatan dan pengangkatan pada Tersier Akhir, poros lipatan terlipat dan arahnya berubah pada barat - timur, disebabkan oleh gaya memadat berarah utara - selatan. Hal ini terlihat pada struktur Antiklin Palatmada dan Sinklin Palatmada.

Hasil pengamatan di lapangan, banyak kekar yang terbentuk. Seperti halnya di Sungai Waenoso, kekar berkembang pada lava basal dengan arah  $N 120^{\circ} E / 72^{\circ}$  sampai  $N 145^{\circ} E / 43^{\circ}$ . Umumnya kekar-kekar tersebut telah terisi oleh kuarsa.

Sesar yang ditemukan berupa sesar normal dan mendatar. Sesar normal di sekitar Sungai Waeapo, Danau Rana, selatan Teluk Bara, dan Kampung Mageswain. Danau Rana merupakan lekukan tektonik (terban) yang dibatasi sesar normal. Sesar mendatar berarah timurlaut - baratdaya dan baratlaut - tenggara.

Sesar Wageren (Tjokrosapoetro, dkk., 1993) panjangnya mencapai 63 km, dari Danau Rana sampai Kampung Waperan di pantai timurlaut. Sesar ini diperkirakan memanjang melalui bawah laut, ditunjukkan oleh curamnya batimetri gawir bawah laut di utara kampung. Sesar ini berubah menjadi sesar normal di tepi selatan Danau Rana, bagian utara merupakan bongkah yang turun. Sepanjang sesar, terutama yang di timur Danau Rana ditemukan jalur terbreksikan dan terkadang milonit batuan malihan. Sesar mendatar lain ditemukan di pantai utara dan di sekitar Waeapo. Sesar tersebut memotong

undak Sungai Waeapo dan undak pantai (Qp), diduga berumur Kuartar Bawah.

Sesar Mendatar Waekuma yang berarah relatif utara – selatan memanjang dari Sungai Waekuma - Waedalam - Waenoso. Dicurikan oleh kelurusan lembah Sungai Waekuma ke Sungai Waenoso. Selain itu, kelurusan punggung Kaku Wadokan dengan Kaku Tofi yang terpisah oleh lembah Sungai Waenoso. Sesar ini diperkirakan mempunyai pergerakan mengiri (*sinistral*) dengan kemiringan  $41^\circ$  ke arah barat daya. Beberapa kedudukan gores garis terukur diantaranya berarah  $N 143^\circ E / 41^\circ$  dengan arah pitch  $11^\circ$ . Selain gores garis ditemukan juga zona hancuran dan breksiasi. Diperkirakan, sesar inilah yang mengontrol kemunculan beberapa mata air panas di Sungai Waenoso (Manifestasi Kepalamadan).

### 3. GEOKIMIA

Komposisi kimia yang diplot dalam diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> memperlihatkan bahwa air panas di Pulau Buru terbagi dalam beberapa tipe air panas (Gambar 3). Air panas Waesekat dan Waesalit termasuk dalam tipe air klorida-bikarbonat, Airmandidi bertipe bikarbonat, dan Waelawa bertipe air klorida. Sedangkan mata air panas Debowae yang termasuk dalam tipe air sulfat yang bersifat asam.

Unsur silika pada air panas relatif tinggi, terutama mata air panas Waesalit dan Waesekat dengan temperatur permukaan cukup tinggi ( $84.1 - 98.9^\circ C$ ), endapan sinter dan oksida besi yang cukup jelas terlihat di permukaan, dan mengandung silika yang cukup tinggi (279 -292 ppm).

Mata air panas Waelawa bertipe klorida. Kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor kontaminasi dan pengenceran air laut yang dominan.

Hasil plotting dalam diagram segitiga Na/1000-K/100- $\sqrt{Mg}$  (Gambar 4) menunjukkan bahwa umumnya mata air panas di Pulau Buru berada pada *partial equilibrium*. Hal ini menggambarkan bahwa air panas berasal langsung dari kedalaman dengan temperatur cukup tinggi, sebagian termasuk pada *immature waters*, yang

menggambarkan adanya pengaruh air permukaan yang dominan.

Hasil plotting dalam diagram segitiga Cl-Li-B (Gambar 5) menunjukkan bahwa lingkungan pemunculan mata air panas pada batuan vulkanik. Sebagian mata air panas seperti Waelawa, Debowae, dan Air Mandidi menunjukkan bahwa lingkungan pemunculan mata air panas pada batuan sedimen.

Kandungan gas di daerah manifestasi Kepalamadan didominasi oleh kandungan gas CO<sub>2</sub>, hal ini ditunjukkan oleh kandungan ion karbonat.

Perkiraan temperatur bawah permukaan dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> (*conductive-cooling*), untuk air panas Waesalit berkisar antara  $234 - 237^\circ C$ , termasuk ke dalam *high entalphy*, Waesekat  $149 - 151^\circ C$ , termasuk ke dalam *intermediate entalphy*, dan Waelawa  $160 - 164^\circ C$ , termasuk ke dalam *intermediate entalphy*. Sedangkan dengan geotermometer Na/K Giggenbach temperatur bawah permukaan air panas Waesalit berkisar antara  $206 - 208^\circ C$ , Waesekat  $145 - 146^\circ C$ , dan Waelawa  $163 - 165^\circ C$ .

### 4. POTENSI SUMBER DAYA PANAS BUMI

Potensi sumberdaya spekulatif diperoleh dari nilai suhu bawah permukaan dan luas daerah prospek penyebaran manifestasi panas bumi di lapangan.

Potensi sumberdaya spekulatif untuk manifestasi Kepalamadan, dengan luas daerah prospek sekitar  $6.0 \text{ km}^2$  dan temperatur reservoir sebesar  $160 - 164^\circ C$ , termasuk ke dalam *intermediate - high entalphy*, dan temperatur *cut off* sebesar  $120^\circ C$ , maka potensi sumberdaya spekulatifnya adalah sebesar 75 Mwe. Potensi sumberdaya spekulatif untuk manifestasi Waeapo, dengan luas daerah prospek sekitar  $7.0 \text{ km}^2$  dan temperatur reservoir sebesar  $234 - 237^\circ C$ , termasuk ke dalam *high entalphy*, dan temperatur *cut off* sebesar  $180^\circ C$ , maka potensi cadangan energi panas buminya adalah sebesar 90 Mwe.

Potensi sumberdaya spekulatif untuk manifestasi Batubual, dengan luas daerah prospek sekitar 7.0 km<sup>2</sup> dan temperatur reservoir sebesar 163 - 165 °C, termasuk ke dalam *intermediate entalphy*, dan temperatur *cut off* sebesar 120°C, maka potensi cadangan energi panas buminya adalah sebesar 90 Mwe.

Dengan demikian, potensi sumber daya panas bumi terduga di wilayah Pulau Buru adalah sebesar 255 Mwe.

## 5. SIMPULAN

1. Peranan struktur sesar sangat penting sebagai kontrol geologi dan panas bumi, tempat terakumulasinya panas dan media naiknya panas ke permukaan.
2. Berdasarkan kandungan ion-ion Cl, SO<sub>4</sub>, dan HCO<sub>3</sub>, Manifestasi Kepalamadan dan Waeapo cenderung bertipe air klorida - bikarbonat, Batubual bertipe air klorida, Airmandidi bertipe air bikarbonat dan Debowae bertipe air sulfat asam.
3. Manifestasi air panas Kepalamadan dan Waeapo berada di daerah *partial equilibrium* (Na-K-Mg) dan berada di lingkungan sedimen (Li-Cl-B).
4. Pendugaan temperatur bawah permukaan untuk Manifestasi Kepalamadan, Waeapo, dan Batubual dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> (*conductive cooling*), temperatur minimum adalah sebesar 145 - 151 °C, sedangkan dengan menggunakan geotermometer Na/K-Giggenbach, temperatur maksimum sebesar 160 - 237 °C, termasuk ke dalam *intermediate entalphy - high entalphy*.

## SARAN

1. Kelompok Manifestasi Panas Bumi Waeapu (Air Panas Waesalit-1 dan Waesalit-2) berupa mata air panas yang temperaturnya mencapai 105 °C, merupakan daerah prospek dimana kemungkinan terdapat tubuh reservoir tempat terakumulasi fluida panas bumi yang memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Dengan pertimbangan bahwa pencapaiannya cukup mudah dijangkau

melalui jalan darat dari Namlea dan tersedianya sarana prasarana penunjang serta kerjasama yang baik dari penduduk maupun pemerintah daerah setempat.

2. Perlu dilakukan penyelidikan terpadu geologi, geokimia dan geofisika lanjutan lebih rinci untuk Manifestasi Waeapo, sehingga diperoleh data yang lebih lengkap dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, V., (1949).** Geologi Indonesia, Volume IA .
- Fournier, R.O., 1981.** Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.
- Giggenbach, W.F., 1988.** Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg - Ca Geo- Indicators. *Geochemica Acta* 52. pp. 2749 - 2765.
- Kusnawan, S. Simanjuntak, A. Prakosa (1992)** Peruntukan Lahan Usaha Pertambangan Dalam Tata Ruang Wilayah Di Kabupaten Maluku Tengah, Propinsi Maluku.,PPTM, 1992.
- Lawless, J., 1995.** Guidebook: An Introduction to Geothermal System. Short course. Unocal Ltd. Jakarta.
- Mahon K., Ellis, A.J., 1977.** Chemistry and Geothermal System. Academic Press Inc. Orlando.
- Supramono (1974)** "Inventarisasi kenampakan gejala panas bumi di daerah Maluku Utara (P. Makian, P. Tidore, P. Halmahera), daerah Gorontalo dan Kepulauan Sangihe Talaut (Sulawesi Utara)
- Tjokrosoepoetro,S., T.Budhitrisna, E.Rusmana (1993)** Tim Geologi regional/ Geologi bersistim P<sub>3</sub>G telah melakukan pemetaan "Geologi Regional Lembar Buru, Maluku, skala 1: 250.000"
- Telford, W.M. et al, 1982.** Applied Geophysics. Cambridge University Press. Cambridge.

