

**ANOMALI GAYABERAT DAERAH PANAS BUMI SONGA-WAYAU, P.BACAN
KAB. HALMAHERA SELATAN-PROPINSI MALUKU UTARA**

**Alanda Idral, Liliek R.Rusli
Kelompok Program Penelitian Panas Bumi**

ABSTRACT

Administratively the survey area is part of Halmahera Selatan Regency, Province of Maluku Utara. Songa-Wayau (Pele and Padopado) geothermal manifestation lies in the low gravity anomaly that is associated with altered rock. Geothermal manifestation of Pele and Padopado are controlled by Pele and Lapan fault structures, trending NE-SW and nearly N-S. High positive gravity anomaly (> 18 mgal) in the west of Bukit Lansa is considered to be associated with rocks intrusion that acts as heat source for the geothermal system in the area.

ABSTRAK

Daerah penyelidikan termasuk kedalam wilayah kecamatan Bacan Timur, kabupaten Halmahera selatan, prop. Maluku utara

Manifestasi panas bumi Songa-Wayau (Pele dan Pado-Pado) terletak pada zona anomali gayaberat rendah yang berasosiasi dengan batuan ubahan..

Kenampakan manifestasi tsb diatas permukaan dikontrol oleh Sesar Pele dan Lapan yang berarah timurlaut-baratdaya dan hampir utara-selatan.

Anomali positif yang relatif tinggi pada anomali bouguer dan sisa (> 18 mgal) dibarat Bkt.Lansa diperkirakan merupakan batuan terobosan? (berulang) dan merupakan cairan magma sisa, serta bertindak sebagai sumber panas untuk sistem panas bumi didaerah Songa (Pele dan Pado-Pado).

Ketebalan lapisan batuan terubahkan diperkirakan berkisar antara 200 s/d 500 meter.

Key words: Songa-Wayau, P. Bacan, Maluku Utara, gayaberat, anomali, sesar,

1. PENDAHULUAN

1.1 Lokasi Daerah Penyelidikan

Secara administratif daerah panas bumi Songa-Wayau, termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Bacan timur, Kabupaten Halmahera selatan., Propinsi Maluku Utara

Daerah penyelidikan berada pada posisi geografis antara 127.60.00 – 127.70.00 bujur timur dan 0.66.00 – 0.77.00 lintang selatan (Gambar 1).

Daerah penyelidikan dapat dicapai dengan pesawat terbang dari Bandung-Jakarta-Manado-Ternate, kemudian dilanjutkan dengan kapal laut (feri) selama 8 jam dari Ternate ke lokasi penyelidikan.

1.2 Penyelidikan Terdahulu

Beberapa penyelidik terdahulu yang telah melakukan penyelidikan di daerah Tonga-Wayau adalah Leiden. Bemmelen, R.W. Van (1949), Muchsin, M.C., 1976., dan Yasin, A., 1980.

2. METODA PENYELIDIKAN DAN ANALISA DATA

Perbedaan densitas batuan merupakan prinsip dasar dalam penyelidikan gayaberat didaerah Songa, dimana sumber panas dan daerah akumulasinya dibawah permukaan bumi dapat menyebabkan perbedaan densitas antara masa batuan disekitarnya.

Hasil dari penyelidikan gayaberat diharapkan dapat memberikan gambaran bawah permukaan seperti struktur –struktur basement, sesar yang bertindak sebagai jalur keluarnya fluida-fluida panas bumi dan batuan terobosan yang bertindak sebagai sumber panas untuk keberadaan suatu sistem panas bumi

Analisa data gayaberat dilakukan dengan menggunakan program gravity buatan Tatang Yohana dengan referensi IGSNI 1971 dan nilai gayaberat dihitung dengan geodetic reference system 1980. Hasil pengamatan gaya berat dilapangan diikat dengan harga jaringan gaya

berat DG-0 Bandung (P3G). Selanjutnya anomali gaya berat dihitung secara absolut mengacu pada Hochstein (1982).

Perhitungan anomali gayaberat telah dikoreksi terrain dengan inner zone (BCD) yang dihitung dilapangan dan outer zone dihitung dengan computer sedangkan terin untuk stasiun dekat laut diabaikan karena tidak adanya peta batimetrik, walaupun demikian pengaruh nya sangat kecil.

3. PERALATAN DAN CARA KERJA LAPANGAN

Pengukuran gaya berat dilakukan dengan menggunakan peralatan Gravimeter La Coste & Romberg Tipe D.114, pada titik-titik ukur yang telah diukur koordinat dan ketinggiannya oleh regu topografi sesuai dengan peta rencana kerja. (lampiran).

Pengambilan data geyaberat di lakukan dengan sistim kisaran tertutup (A, B, A) yakni pengukuran selalu diawali dan diakhiri pada titik tetap yang sama, Base Stasion, (BS), hal ini bertujuan untuk mengoreksi kondisi alat yang erat hubungannya dengan kualitas data hasil pengukuran (drift alat). Harga titik amat BS dilapangan diikat dengan harga DG.0 Bandung, guna mendapatkan nilai absolut/relatif gayaberat titik amat BS dilapangan

Pelaksanaan pengukuran gayaberat dilakukan dengan sistem kisi-kisi/ grid yang pengukurannya dilakukan pada setiap titik ukur dengan interval 250 meter pada setiap lintasan dan 500-1000 m untuk titik amat pada jalan raya dan setapak (titik amat acak).

Total panjang lintasan ukur 44 km atau rata-rata panjang lintasan 6.2 km. Lintasan ukur berarah N300°E dengan jarak antara lintasan 1000 meter Selain itu juga dilakukan pengambilan contoh batuan yang representatif dari setiap lokasi pada singkapan batuan yang berbeda dan masih segar.

4. HASIL PENYELIDIKAN GAYA BERAT

Titik amat gayaberat berjumlah 240 titik (gambar 2) yang tersebar pada lintasan random/acak dan 7 lintasan ukur kisi

Jumlah contoh batuan yang terkumpul sebanyak 18 buah, sedangkan untuk pengukuran density di laboratorium setelah diseleksi terkumpul 7 contoh batuan.

Hasil penyelidikan gayaberat berupa nilai density batuan, anomaly geyaberat (regional, bouguer dan sisa) dan penampang/model anomaly gayaberat.

4.1 Densitas Batuan

Analisa densitas batuan daerah Songa-Wayau dilakukan dengan dua cara, yang pertama dengan menggunakan metoda estimasi dengan cara Parasnis dan yang kedua dilakukan pengukuran densiti di laboratorium terhadap 7 contoh batuan yang representatif yang diambil didaerah penyelidikan

Selanjutnya hasil penggabungan kedua metoda tsb diatas akan digunakan dalam perhitungan anomali dan pemodelan gayaberat.

4.1.1 Densitas Parasnis

Gambar 4 memperlihatkan sebaran data dari kurva ($g_{Obs} - g_N + 0,094h$) vs. ($0,01277h - terrain$) untuk densitas 1 gr/cm^3 . Regresi linier (least square) terhadap sebaran data memperlihatkan kemiringan garis regresi 2.6056. dengan demikian nilai densiti batuan daerah Songa-Wayau berdasarkan asumsi metoda Parasnis adalah sebesar 2.6056 gr/cm^3 .

4.1.2 Variasi Densitas Contoh Batuan Hasil Laboratorium

Dari hasil pengukuran laboratorium (table 2) terlihat variasi harga densitas didaerah penyelidikan berkisar antara $2.23 - 2.83 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan densitas batuan rata-rata untuk daerah Songa-Wayau adalah 2.46 gr/cm^3

Dari hasil pengukuran densitas batuan tampak perbedaan densitas antara sediment dan batuan andesit tidak begitu besar, hal ini mengindikasikan bahwa batuan sedimen tsb diatas telah mengalami kompaksi sedangkan batuan andesit dipermukaan telah mengalami pelapukan ataupun terubahkan sedikit.

Dengan mempertimbangkan data densitas conto batuan hasil pengukuran di laboratorium dan hasil estimasi Parasnis, maka perhitungan anomali gayaberat dilakukan dengan menggunakan nilai densitas 2.6 g/cm^3 , hal ini dilakukan dengan asumsi batuan sekis merupakan batuan dasar didaerah penyelidikan.

4.2 ANOMALI GAYA BERAT

Hasil penyelidikan gayaberat ditampilkan berupa: anomali regional, Bouguer, dan sisa (gambar 4 s/d 6) serta penampang/model gayaberat, dengan densitas 2.6 gr/cm^3 .

4.2.1 Anomali Gayaberat Regional

Anomali gayaberat regional (gambar 4) memperlihatkan harga anomali berkisar antara $> 134 \text{ mgal}$ sampai $< 106 \text{ mgal}$. Anomali tinggi terdapat di ujung timur daerah penyelidikan, sedangkan anomali regional rendah tampak di sebelah barat diapit oleh anomali sedang dibagian tengah dan di ujung utara bagian barat. Anomali regional memperlihatkan arah/pola timurlaut baratdaya.

4.2.2 Anomali Gayaberat Bouguer

Anomali Bouguer (gambar 5) tinggi sebesar $> 126 \text{ mgal}$ tampak dibagian timur dan sedikit di bagian barat daerah penyelidikan, sedangkan anomali Bouguer rendah sebesar $< 102 \text{ mgal}$ tampak di bagian tengah daerah penyelidikan, diapit oleh anomali sedang ($102\text{-}126 \text{ mgal}$). Anomali Bouguer memperlihatkan pola yang tidak beraturan, kondisi demikian mengindikasikan struktur geologi didaerah penyelidikan cukup kompleks.

4.2.3 Anomali Gayaberat Sisa

Hasil pengamatan gayaberat memperlihatkan nilai tertinggi untuk anomali sisa (gambar 6) sebesar $> 12 \text{ mgal}$ terakumulasi dibagian barat tengah daerah penyelidikan. Anomali rendah dengan nilai -2 sampai minus $< 6 \text{ mgal}$ tampak dibagian barat diapit oleh anomali sisa sedang (-2 s/d 12 mgal), di ujung barat dan timur daerah penyelidikan.

Seperti halnya anomali bouguer pola anomali sisa juga memperlihatkan pola yang tidak beraturan, yang mengindikasikan struktur geologi lokal didaerah penyelidikan relatif cukup kompleks.

5. PEMBAHASAN

Pada penyelidikan panas bumi anomali gayaberat yang menarik untuk dianalisa dan diperkirakan berkaitan dengan sistim panas bumi adalah anomali rendah dan tinggi. Anomali rendah diperkirakan berhubungan dengan zona ubahan

akibat panas dibawah permukaan, sedangkan anomali tinggi diperkirakan berkaitan batuan intrusi dibawah permukaan yang mungkin merupakan sumber panas untuk adanya suatu sistim panas bumi didaerah penyelidikan.

5.1 Anomali Regional

Anomali regional (gambar 4) memperlihatkan kelurusan pola liniasi anomali yang searah dengan struktur regional P. Bacan, yakni timurlaut-baratdaya. Dengan demikian pola anomali regional ini mempertegas adanya struktur regional (sesar) dengan arah seperti tsb diatas sebagaimana disebutkan oleh Yasin (1980). Anomali gayaberat regional tinggi ($> 134 \text{ mga}$) memperlihatkan nilai anomali yang membesar kearah timur, kondisi demikian mengindikasikan bahwa dibawah permukaan pada kedalaman yang sangat dalam terdapat batuan yang kompak dengan densiti yang relatif lebih besar dari daerah sekitarnya. Batuan tsb diperkirakan merupakan batuan vulkanik andesit? dari Bk. Bibinoi yang terdapat di timur daerah penyelidikan. Anomali sedang ($106 - 134 \text{ mgal}$) yang mendominasi anomali regional diperkirakan ditempati oleh batuan vulkanik lapuk dan batuan sedimen, sedangkan anomali rendah ($< 106 \text{ mgal}$) menggambarkan dikedalaman terdapat batuan terubahkan.

Manifestasi panas bumi didaerah Songa yang berupa mata air panas (m.a.p.) Pado-Pado (ditutara), Pele-Pele (Pele Pesisir dan Pele Besar, ditengah utara), dan Babalelansa (utara paling selatan) terdapat pada daerah zona anomali gayaberat regional rendah (104 mgal), daerah tsb merupakan daerah yang telah terubahkan secara geologi yang diindikasikan dengan adanya ubahan berupa kaolinit, ilit, haloysit dan monmorilonit.

5.2 Anomali Bouguer

Anomali bouguer rendah ($< 102 \text{ m.gal}$), gambar 4, tampak di bagian barat pada tiga lokasi yakni disekitar lintasan regional RC, diujung barat antara lintasan gridding B s/d G dan disekitar P, Gamjaha.

Anomali bouguer tinggi ($> 128 \text{ mgal}$), tampak di dua lokasi yaitu di sebelah barat Bk Lansa (sekitar E1000-E2000), dan diujung timur lintasan gridding sekitar daerah Telaga Songa. Sedangkan

anomali sedang (102 – 128 mgal) yang tampak mendominasi daerah penyelidikan tersebar dari barat sampai ke timur.

Mata air panas Pado-Pado, Pele-Pele, dan Babalelansa, seperti halnya pada anomali regional rendah, juga tampak pada daerah zona anomali Bouguer rendah, akan tetapi dengan luas zona anomali yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan zona anomali regional rendah. Secara geologi daerah anomali rendah ini diperkirakan berkaitan dengan zona ubahan (seperti disebutkan diatas), dan pelapukan dari batuan vulkanik, metamorfik ataupun sedimen, sedangkan anomali tinggi dibarat dan timur diperkirakan berkaitan dengan batuan vulkanik andesit, (dan batuan terobosan) dari Bk,Lansa di barat dan Bk. Bibinoi di timur. Seperti halnya anomali regional, daerah anomali bouguer sedang juga ditempati oleh batuan vulkanik dan sedimen.

5.3. Anomali Sisa

Gambar 5 memperlihatkan peta anomali sisa orde-2 daerah Songa-Wayaua.

Anomali sisa rendah ($-2 \text{ s/d} < -8 \text{ mgal}$) tersebar di barat dan berlanjut ke timur selatan daerah penyelidikan dan merefleksikan batuan dibawah permukaan daerah tsb disusun oleh batuan vulkanik terubahkan, sedimen vulkanik dan aluvium.

Anomali sisa sedang ($-2 \text{ s/d} 18 \text{ mgal}$) tersebar dibarat dan tengah timur daerah penyelidikan, mengapit daerah anomali rendah dibagian barat. Anomali sedang ini menggambarkan batuan bawah permukaan terdiri dari batuan vulkanik (lapuk dan segar), sedimen dan metamorfik (sekis di selatan barat).

Anomali sisa tinggi ($> 18 \text{ mgal}$) tampak berupa pengkutuban (positif) di barat Bkt.Lansa di sekitar titik amat E1000 s/d E2000. Pengkutuban positif yang tampak disekitar titik amat tsb diatas mencirikan adanya suatu tubuh/masa batuan yang berupa batuan intrusi? dibawah permukaan dengan densiti relatif lebih besar dari batuan sekitarnya. Keberadaan batuan intrusi tsb juga didukung dengan kenampakan dilapangan (geologi permukaan) yang berupa batuan andesit disekitar titik amat tsb diatas.

Selain pengkutuban positif juga tampak pengutuban negatif di utara dan selatan Bkt.Lansa, sekitar mata air panas Pele-Pele dan di

ujung barat lintasan regional RC, kondisi demikian diperkirakan berkaitan dengan zona ubahan yang cukup intensif disekitar lokasi yang disebutkan diatas, hal ini ditandai dengan ditemukannya batuan ubahan seperti telah disebutkan sebelumnya disekitar mata air panas Pele-Pele, dan Bkt Lansa, ataupun berhubungan dengan daerah akumulasi air dingin (sekitar Telaga Songa) akibat adanya rekahan-rekahan ditubuh batuan vulkanik dan sedimen.

Seperti halnya pada anomali gayaberat regional dan bouguer mata air panas (m.a.p.) Pado-Pado, Pele-Pele, dan Babalelansa juga terdapat pada daerah zona anomali gayaberat sisa rendah ($< -2 \text{ mgal}$) akan tetapi dengan luas zona anomali yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan zona anomali bouguer rendah.

5.4. Struktur

Struktur sesar/kelurusan gayaberat didaerah penyelidikan dicirikan dengan adanya kelurusan kontur kerapatan kontur dan pembelokan kontur yang cukup tajam ditempat-tempat tertentu serta pengkutuban anomali gaya berat sisa (positif dan negatif). Secara umum kerapatan kontur dan liniasi anomali gaya berat regional (gbr. 3) didaerah penyelidikan berarah timurlaut – baratdaya searah dengan struktur regional daerah tsb diatas, hal ini mencirikan adanya struktur sesar yang berarah timurlaut – baratdaya disekitar desa Songa – Wayaua seperti tampak pada peta geologi regional daerah Bacan (Yasin 1980), akan tetapi dilapangan tidak ditemukan indikasi adanya sesar tsb. Kemungkinan sesar ini merupakan sesar tua yang keberadaannya telah tertutup oleh batuan sedimen. Sedangkan arah liniasi pada anomali bouguer dan sisa tampak tidak beraturan, selain itu juga tampak kerapatan dan pembelokan kontur anomali yang cukup tajam yang disertai pengkutuban anomali positif dan negatif dibeberapa tempat sekitar mata air panas (gambar 4 dan 5), kondisi demikian menandakan struktur (sesar) didaerah penyelidikan cukup komplek. Pengkutuban anomali positif dan negatif disekitar mata air panas tsb diatas mempertegas adanya struktur-struktur sesar yang berarah timurlaut – baratdaya yang diperkirakan mengontrol kenampakan manifestasi panas bumi didaerah Songa-Wayaua.

Berdasarkan karakteristik dari pola kontur ketiga anomali tsb diatas diperkirakan terdapat 5 (lima)

struktur sesar didaerah penyelidikan, diantaranya tiga (3) berarah timurlaut- baratdaya, dan masing-masing satu berarah baratlaut-tenggara dan hampir utara-selatan. Selanjutnya tiga sesar yang berarah timurlaut barat-daya tsb berturut-turut disebut (dari timur ke barat) sesar Tonga, Sesar Pele dan Sesar Tawa. Sesar yang berarah baratlaut-tenggara disebut sesar Lansa, sedangkan sesar yang berarah hampir utara-selatan disebut sesar Lapan.

5.5 PEMODELAN GAYA BERAT

Pemodelan gayaberat dibuat melalui penampang CD (gambar 7) dengan arah baratdaya-timurlaut, yang memotong mulai dari Bkt,Lansa sampai MAP Pele Pesisir. Pemodelan tsb dimaksudkan untuk memberikan gambaran geologi bawah permukaan terutama batuan terobosan yang diperkirakan sebagai sumber panas untuk sistim panas bumi didaerah Songa-Wayaua. Model geologi bawah permukaan pada penampang CD memperlihatkan kondisi adanya batuan terobosan berulang dibagian tengah penampang yang ditandai dengan 2 (dua) nilai densiti kontras positif yang berbeda. Yang pertama batuan terobosan dengan densiti kontras 0.45 gr/cm^3 , kemudian batuan tsb diterobos oleh batuan lain dengan densiti kontras 0.76 gr/cm^3 . Relatif besarnya nilai densiti kontras kedua batuan tsb diperkirakan disebabkan oleh adanya cairan (fluida) yang mempunyai densiti cukup besar dan mengisi pori-pori batuan intrusi tsb sehingga memperbesar nilai densiti kedua batuan tsb diatas (Laughin, 1982). Keberadaan cairan fluida disekitar batuan terobosan tsb juga didukung oleh relatif tingginya nilai anomali geokimia (Hg) disekitar batuan terobosan tsb. Kedua Batuan terobosan (batuan intermediate/andesit ? dan atau batuan basa?) yang diperkirakan merupakan cairan magma sisa menerobos batuan dasar (basement) metamorfik (sekis) dan batuan vulkanik lainnya yang berumur lebih tua dan mempunyai densiti kontras yang relatif kecil bila dibandingkan dengan kedua batuan terobosan tsb diatas. Batuan terobosan yang kedua (bersifat basa?) diperkirakan terdapat pada kedalaman 200-300 m. dari dari muka tanah setempat dengan ketebalan kurang dari 1500 m. Dibagian timur laut penampang tampak batuan dengan densiti kontras negatif $- 0.68 \text{ gr/cm}^3$. Batuan tsb diperkirakan merupakan batuan vulkanik yang terubahkan kuat berupa kaolinit, ilit, haloysit dan monmorilonit

yang terdapat disekitar mata air panas Pele-Pele. Kedalaman batuan ubahan tersebut diperkirakan berkisar antara $< 200 \text{ m}$ disekitar mata aipanas Pele-pele dan menebal sampai $< 500 \text{ m}$ kearah baratdaya. Model gayaberat juga menunjukkan makin ke timurlaut laut batuan dasar metamorfik cenderung menipis ketebalannya dibandingkan kearah baratdaya.

6. SIMPULAN

Ketiga anomali gayaberat (regional, bouguer dan sisa) menunjukkan manifestasi panasbumi daerah Songa-Wayaua terdapat pada zona anomali gaya berat rendah.

Kelurusan, pembelokan, dan pengkutuban anomali negatif dan positif mengindikasikan adanya 5 (lima) struktur sesar bawah permukaan yang berarah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara dan hampir utara selatan..

Kenampakan manifestasi Panasbumi Songa (MAP Pele dan Pado-Pado) kepermukaan diperkirakan dikontrol oleh sesar Pele dan Lapan yang masing-masing berarah timurlaut-baratdaya dan hampir utara-selatan.

Ketebalan lapisan batuan terubahkan diperkirakan berkisar antara 200 s/d 500 meter.

Anomali positif yang relatif tinggi pada anomali bouguer dan sisa ($> 18 \text{ mgal}$) dibarat Bkt.Lansa diperkirakan merupakan batuan terobosan? (berulang) yang merupakan cairan magma sisa, dan bertindak sebagai sumber panas untuk sistim panas bumi didaerah Songa (Pele dan Pado-Pado).

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Pusat Sumber Daya Geologi dan Rekan-rekan para Ahli Geologi/Geofisika yang telah memberikan batuan dan kontribusi yang berharga kepada penulis dalam memberikan masukan saat penulisan makalah ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada teman-teman surveyor yang telah memberikan bantuan dalam penggambaran.

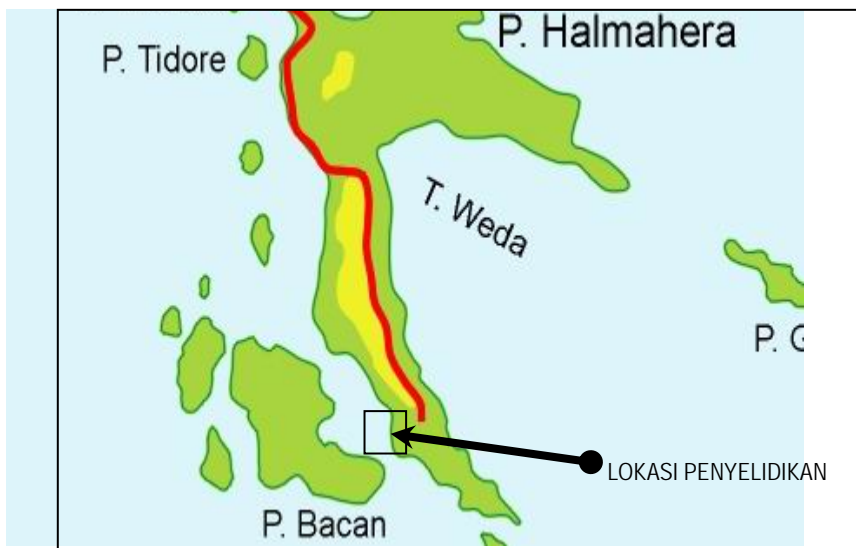
DAFTAR PUSTAKA

1. Aquila. L.G.,1977: Magnetic and Gravity surveys Suriagao Geothermal Field, The Comvol letter, v.IV, No 5 & 6

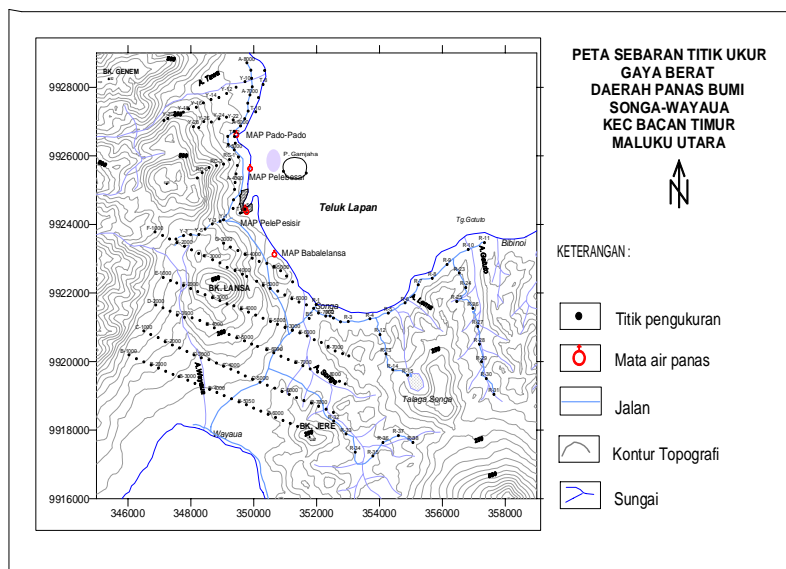
- 2 Burger.H.R.,1992: Exploration Geophysics of shallow Sub Surface, Prentice Hall.
- 3 Dobrin, M.B; 1976: Introduction to Geophysical Prospecting. Mc. Grow Hill, p.357-475.
- 4 Hochstein, MP;1982: Introduction to Geothermal Prospecting, Geothermal Institute, University of Auckland, New Zealand.
- 5 Idral.A, dkk; 2004: Penyelidikan Terpadu Geologi,Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Parangtritis D.I. Yogyakarta, Kumpulan Makalah Hasil Kegiatan Lapangan DIM.T.A. 2003.
- 6 Idral.A, dkk; 2005: Penyelidikan Terpadu Geologi,Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi B.Kili-Solok, Sumbar: Potensi, Pemanfaatan dan kendalanya. Kumpulan Makalah Hasil Kegiatan Lapangan DIM T.A. 2004; hal.40-1 – 40-9.
- 7 Komazawa..M., et al., 2002: Gravity Anomalies of The Central Flores Island, Indonesia. Special publication: Indonesia-Japan Geothermal Expl. Project in Flores Island. p. 211-223.
- 8 Laughin, A.W.,1982: Exploration For Geothermal Energy, in Hand Book of Geothermal Energy, editor Edward,L.M. et.al; p.215-242.
- 9 Lawless, J., 1995. *Guidebook: An Introduction to Geothermal System*. Short course. Unocal Ltd. Jakarta.
- 10 Muchsin, M.C., 1976: Inventarisasi dan Penyelidikan pendahuluan terhadap gejala-gejala panasbumi di daerah P.Bacan dan Halmahera bagian tengah. Unpublished Report LB-76-40, Direktorat Vulkanologi, Bandung, Indonesia
- 11 Martin,K. 1897 ‘‘ Journey in the mollucas Ambon,Seram and Buru. EJ,Brile,Leiden’’
- 12 Parasnis, D.S., 1979: Principles of Applied Geophysics, Chapman and Hall,p. 59-96.
- 13 Supramono (1974) ‘‘Inventarisasi kenampakan gejala panas bumi di daerah Maluku Utara (P. Makian, P. Tidore, P. Halmahera), daerah Gorontalo dan Kepulauan Sangihe Talaud (Sulawesi Utara)
- 14 Telford, W.M. et al, 1982. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge
- 15 Yasin, A., 1980. Peta Geologi Lembar Bacan, Maluku Utara. Lembar 2515-2615, 1:250,000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia
- 16 Van Bemmelen (1949) ‘‘ Geologi Indonesia, V.IA ‘‘.

Tabel 1. Densitas contoh batuan daerah panas bumi Tonga-Wayaua, Bacan

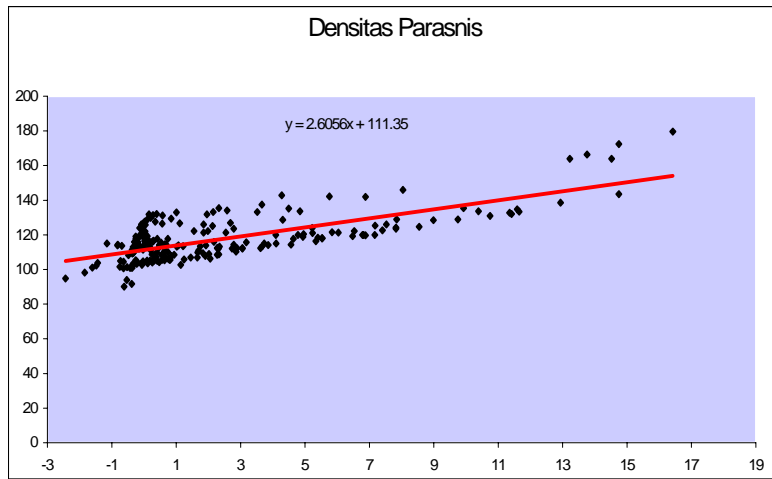
No.Conto	Nama Batuan	Densitas (gr/cm ³)	Lokasi/Keterangan
A-3800	Andesit	2.25	Pada lintasan A-3800/abu-abu hitam
C-1750	Sekis	2.83	Pada lintasan C-1750/berlapis
D-2250	Sekis	2.72	Pada lintasan D-2250/berlapis
E-4000	Andesit	2.33	Pada lintasan E-4000/merah muda
RC-5	Andesit	2.31	Pada lintasan Regional RC-5 / merah muda
R-37	Tufa	2.58	Pada lintasan Regional R-37/kuning
T-11	Sedimen/Ser-pih	2.23	Pada lintasan Regional T-11/abu-abu hitam



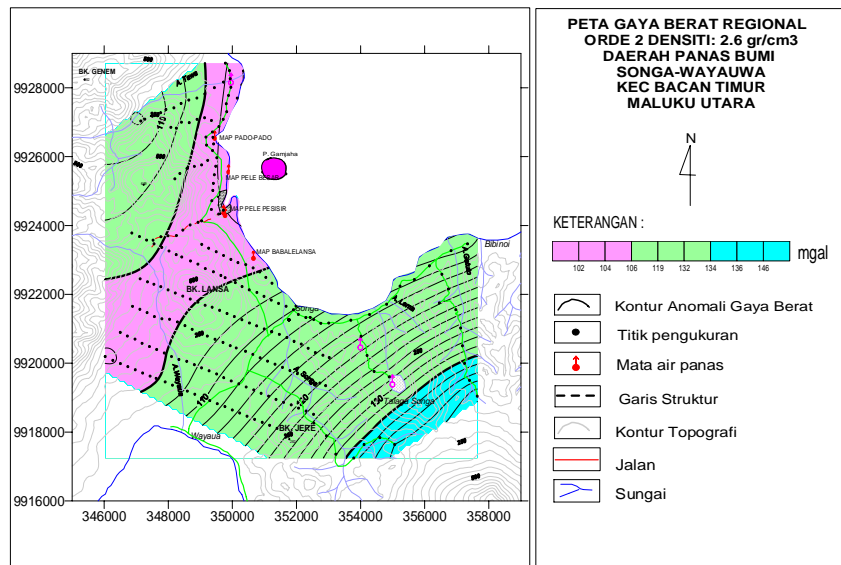
Gambar 1 Peta Lokasi Daerah Penyelidikan



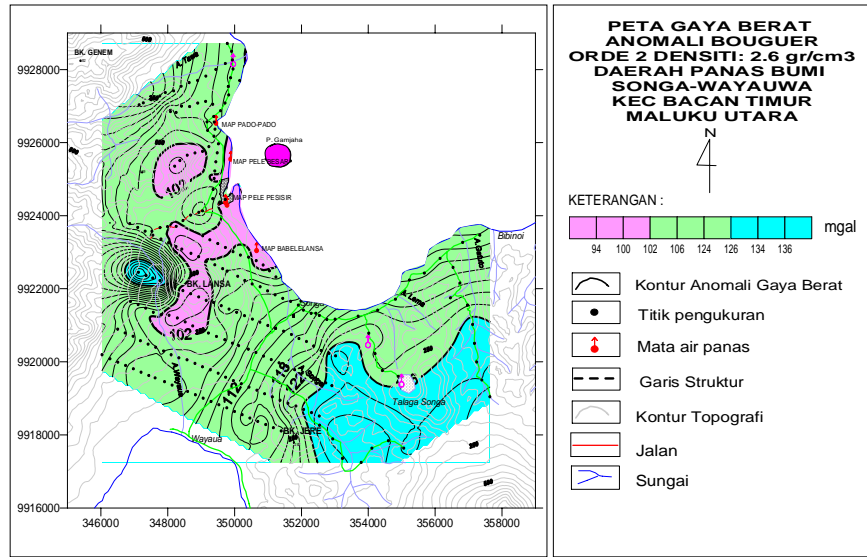
Gambar 2 Sebaran titik ukurt gayaberat didaerah penyelidikan



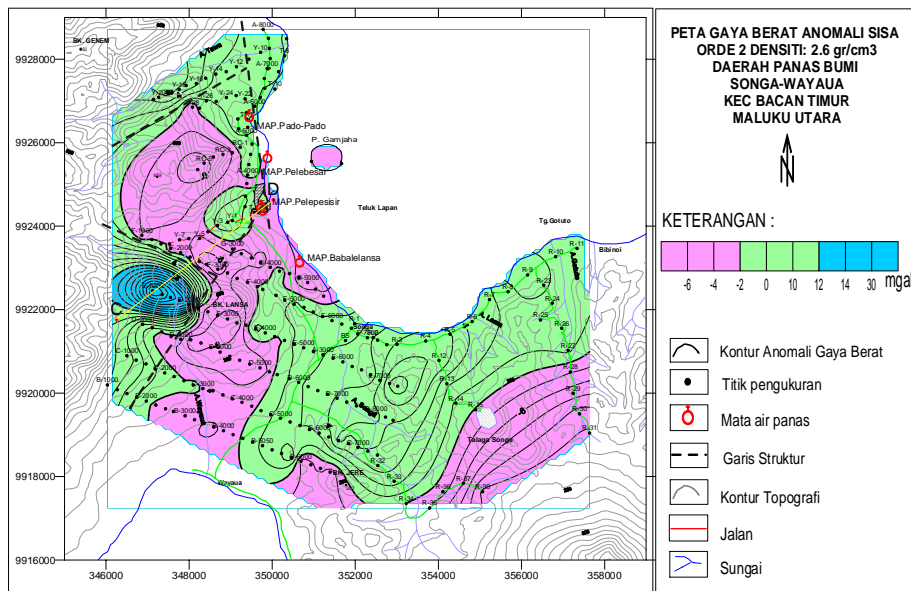
Gambar 3. Regresi linier untuk densitas Parasnis, daerah panas bumi Tonga- Wayaua, densiti 2.6056 gr/cm³



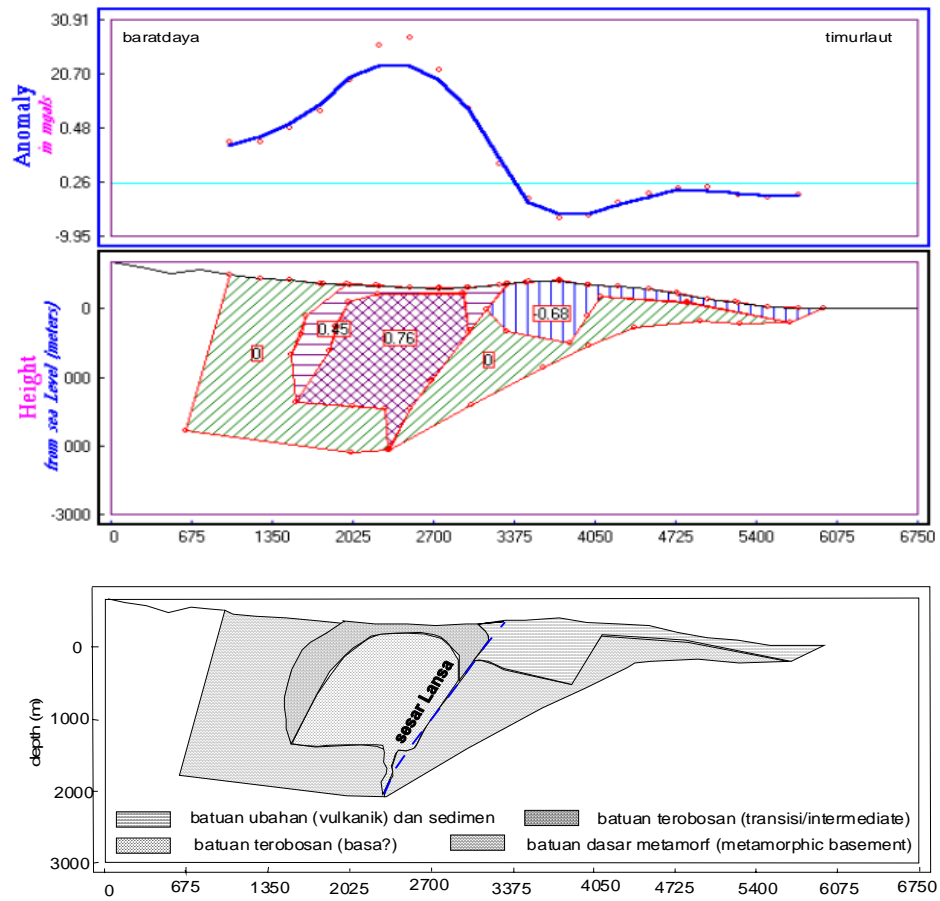
Gambar 4. Peta anomali gayaberat regional Tonga – Wayaua , P.Bacan



Gambar . Peta anomali gayaberat bouguer Tonga – Wayaua , P.Bacan



Gambar 6. Peta anomali gayaberat sisa Tonga – Wayaua , P.Bacan



Gambar 7. Model gaya berat 2-D (atas), dan model geologi (bawah) penampang CD daerah panas bumi Pele-Pele, Tonga - Wayaua, P. Bacan