

PENYELIDIKAN FENOMENA INTRUSI AIR ASIN DI BOLOK, KUPANG, DENGAN PEMODELAN DATA ANOMALI GRAVITASI

Jehunias L. Tanesib, Bernandus, Epriadi Nenotek

*Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jln. Adisucipto- Penfui,
Kupang, 85001, NTT
E-mail: adhinenotek21@gmail.com*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian geofisika dengan menggunakan metode gravitasi di Bolok, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian dengan menggunakan data gravitasi Topex dan kaitan antara jenis batuan berdasarkan pemodelan 2D terhadap fenomena intrusi air asin pada daerah penelitian. Data tersebut direduksi dengan koreksi udara bebas, koreksi bouger sederhana dan koreksi kurvatur untuk menghasilkan nilai anomali bouger lengkap. Setelah dilakukan koreksi, selanjutnya dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali lokal. Selanjutnya dilakukan pemodelan 2D menggunakan pemodelan forward dan invers. Hasil penelitian menunjukkan kondisi struktur geologi bawah permukaan didominasi oleh batuan gamping koral dan pasir. Intrusi air asin yang mencemari air sumur pada daerah penelitian dikarenakan batuan berpori yang menerus hingga ke laut, sehingga dapat meloloskan air asin. Penyebab lain adalah kedalaman sumur yang di bawah garis pantai.

Kata kunci: *Gravitasi; pemodelan 2D; intrusi air asin; Bolok*

Abstract

Geophysical research has been carried out using the gravity method in Bolok, West Kupang District, Kupang Regency. This research aims to determine the subsurface geological structure of the research area using Topex gravity data and the relationship between rock types based on 2D modeling of the salt water intrusion phenomenon in the research area. The data is reduced by free air correction, simple Bouger correction and curvature correction to produce complete Bouger anomaly values. After correction is carried out, regional anomalies and local anomalies are then separated. Next, 2D modeling was carried out using forward and inverse modeling. The research results show that the subsurface geological structure is dominated by coral limestone and sand. Salt water intrusion that pollutes well water in the research area is due to porous rocks that continue to the sea, so that salt water can escape. Another cause is the depth of the well below the coastline.

Keywords: *Gravity; 2D modeling; saltwater intrusion; Bolok*

PENDAHULUAN

Metode gravitasi merupakan salah satu metode penyelidikan dalam geofisika yang berlandaskan hukum Newton. Metode ini didasarkan pada adanya perbedaan kecil dari medan gaya berat yang disebabkan oleh adanya distribusi massa yang tidak merata di lapisan bumi yang menyebabkan tidak meratanya distribusi massa jenis batuan. Salah satu informasi yang perlu diketahui mengenai kondisi di bawah permukaan bumi adalah jenis persebaran batuan.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi

kehidupan seluruh makhluk hidup [1,2]. Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung, sehingga penyediaan air baku untuk kebutuhan domestik, irigasi dan industri menjadi perhatian dan prioritas utama. Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian dengan menganalisis data anomali gravitasi untuk memodelkan bawah permukaan terhadap fenomena intrusi air asin. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui geologi batuan bawah permukaan berdasarkan pemodelan 2D dan kaitan antara jenis batuan terhadap fenomena intrusi air asin pada lokasi penelitian.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Tematur dkk [3], dengan menerapkan metode gravitasi bawah permukaan Gunung Anak Ranakah. Octonovrilna [4] mendeteksi perubahan kondisi hidrologi Jakarta dalam kaitannya dengan fenomena intrusi air asin, yang mengindikasikan terjadinya fenomena subsidensi dan kekosongan massa akibat eksploitasi air tanah serta tekanan dari sejumlah gedung tinggi yang berpusat pada daerah penelitian. Boling et al [5], dengan metode gravitasi memberikan rekomendasi untuk pengembangan dan pengelolaan sumber daya panas bumi di wilayah Maritaing. Nubatonis dkk [6] menemukan pola penyebaran intrusi air lindi dengan metode elektromagnetik konduktivitas di Noinbila.

Masalah intrusi air asin yang terjadi selain subsidensi dan kekosongan massa akibat eksploitasi air tanah serta tekanan dari sejumlah gedung tinggi, yaitu berdasarkan porositas yang terdapat pada batuan [7,8].

Secara geografis desa Bolok terletak pada $10^{\circ} 13' 30.26''$ lintang selatan dan $123^{\circ} 31' 06.75''$ bujur timur dengan luas wilayah $12,76 \text{ km}^2$, terdapat formasi geologi yaitu formasi alluvium, gamping koral dan bobonaro.

Diantara sifat fisis batuan yang mampu membedakan antara satu macam batuan lainnya adalah massa jenis batuan. Distribusi massa jenis yang tidak homogen pada batuan penyusun kulit bumi akan memberikan variasi harga medan gravitasi di permukaan bumi [9, 10]. Dalam metode gravitasi, jika suatu batuan berbeda tipe dengan batuan lainnya, maka akan berbeda pula densitasnya, dan jika suatu batuan yang mempunyai densitas lebih tinggi akan mempunyai gaya gravitasi yang lebih besar [11].

Reduksi Data Gravitasi

Data gravitasi pada suatu titik pengamatan merupakan gabungan dari berbagai faktor gravitasi sehingga belum mencerminkan pengaruh kontras densitas bawah permukaannya [12], maka diperlukan reduksi yang menghilangkan pengaruh afek gravitasi luar. Pengaruh kontras densitas bawah permukaan disebut anomali medan gravitasi.

Anomali medan gravitasi adalah medan gravitasi yang ditimbulkan oleh perbedaan nilai kontras densitas bawah permukaan bumi [13]. Anomali medan gravitasi bumi diukur/terukur

bersama medan gravitasi bumi. Untuk memperolehnya secara matematis dapat didefinisikan bahwa anomali medan gravitasi di topografi atau posisi (x, y, z) merupakan selisih dari medan gravitasi observasi di topografi dengan medan gravitasi teoritis di topografi.

$$\Delta g(x, y, z) = g_o(x, y, z) - g_t(x, y, z) \quad (2)$$

Nilai medan gravitasi normal yang secara fisis terdefinisi pada posisi referensi sferoid dibawa ke posisi topografi [1,13]. Hal ini dilakukan karena nilai medan gravitasi observasi secara fisis berada pada bidang topografi.

Intrusi Air Asin

Intrusi air asin adalah suatu peristiwa penyusupan air asin ke dalam akuifer di mana air asin menggantikan atau tercampur dengan air tanah tawar yang ada di dalam akuifer [14]. Istilah air asin ini (*saline/salt water*) sebetulnya mencakup hal yang lebih luas dibandingkan pengertian dari istilah intrusi air laut (*sea water intrusion/encroachment*) karena air asin tidak hanya berupa/berasal dari air laut. Intrusi air asin dapat terjadi di mana saja, bahkan di daerah pedalaman (inland) [15].

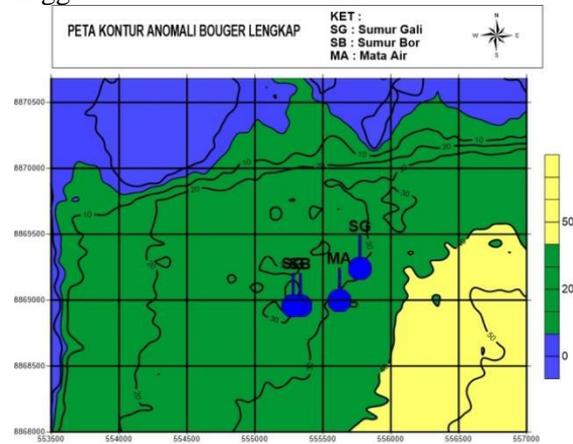
METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah topografi dan gravitasi global Topex (https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi), yang berlokasi di Bolok, kecamatan Kupang Barat, kabupaten Kupang.

Data lintang, bujur, elevasi dan anomali bouger lengkap, diolah dengan melakukan koreksi udara bebas, koreksi bouger sederhana dan koreksi kurvatur hingga memperoleh nilai Anomali bouger lengkap, selanjutnya data hasil pengolahan ditampilkan dalam bentuk peta kontur. Selanjutnya data anomali bouger lengkap dilakukan pemisahan untuk memperoleh anomali regional dan anomali lokal. Anomali lokal dipilih untuk pemodelan menggunakan *software* Grav2DC. Pemodelan yang dibuat harus memperhatikan informasi geologi daerah penelitian. Pemodelan tersebut akan menghasilkan struktur bawah permukaan dari data anomali yang kemudian dilakukan interpretasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peta kontur anomali bouger lengkap (gambar 1) terlihat bahwa terdapat adanya perbedaan arah garis-garis anomali untuk setiap peta kontur yang ada. Hal ini dikarenakan nilai anomali masih dipengaruhi oleh kondisi topografi daerah penelitian yang tinggi.

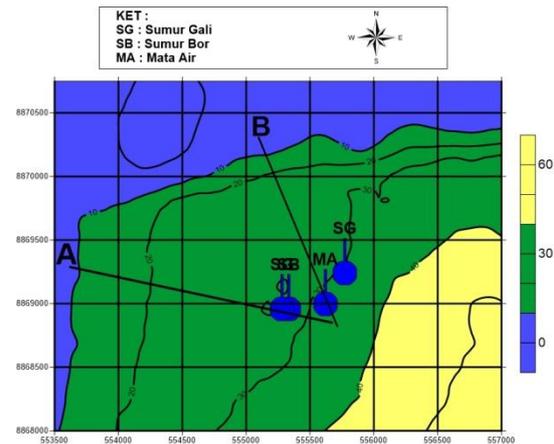


Gambar 1. Peta kontur Anomali Bouger Lengkap

Untuk mendapatkan informasi geologi dari daerah penelitian perlu dilakukan pengolahan lanjutan dari data anomali bouger lengkap yang diperoleh, yaitu proses pemisahan anomali regional dan lokal. Untuk itulah pemisahan antara keduanya perlu dilakukan dengan proses kontinuasi ke bawah agar anomali lokal diperoleh. Proses kontinuasi kebawah menggunakan *software magpick* pada ketinggian tertentu dengan melihat perubahan kontur anomalnya hingga anomali gravitasi terlihat teratur (gambar 2).

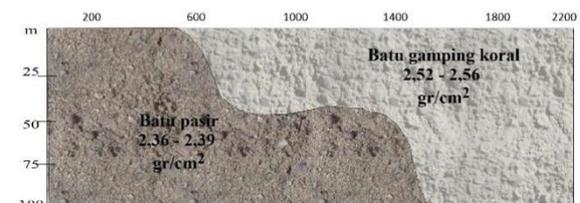
Interpretasi kuantitatif ini dilakukan dengan menafsirkan pola anomali untuk menentukan struktur bawah permukaan dilakukan dengan melalui tahap pemodelan.

Pemodelan geologi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Grav2DC. Data masukan berupa nilai jarak lintasan (dalam meter) dan nilai anomalnya, bentuk model tersebut tergambar sebagai anomali amatan (anomali yang diamati) sedangkan penampang hasil pemodelan geologi digambarkan sebagai anomali hitungan (anomali yang dihitung).



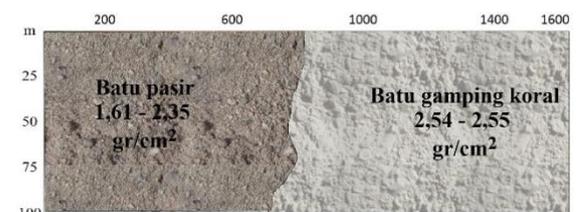
Gambar 2. Peta kontur anomali lokal dan penampang sayatan A dan B

Pada sayatan A terdapat 6 tubuh batuan, yaitu 1A sampai 3A dengan nilai densitas $2,36 \text{ gr/cm}^3$, $2,37 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,39 \text{ gr/cm}^3$ diduga batu pasir dan tubuh batuan 4A sampai 6A yang diperoleh densitas $2,52 \text{ gr/cm}^2$, $2,55 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,56$ yang diduga sebagai gamping koral.



Gambar 3. Model Sayatan A

Pada sayatan B terdapat 5 tubuh batuan, yaitu 1B hingga 3B dengan nilai densitas $1,61 \text{ gr/cm}^3$ sampai $2,35 \text{ gr/cm}^3$ diduga sebagai batuan pasir dan tubuh batuan 4B dan 5B dengan densitas $2,55 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,55 \text{ gr/cm}^3$ diduga sebagai gamping koral.



Gambar 4. Model Sayatan B

Kaitan Antara Jenis batuan Terhadap Fenomena Intrusi Air Asin

Pertama, pemodelan sayatan A pada gambar 3, diduga batuan gamping koral dan batu pasir, dari kedua jenis batuan tersebut terdapat dalam kelompok batuan sedimen dengan nilai densitas masing-masing batuan

yang berbeda. Pada penampang irisan sayatan A (gambar 2) memotong plot sumur gali yang tidak tercemar air asin (tawar), dengan data salinitas air 450 ppm, suhu 31,3°C dan jarak dari sumur ke laut 1,5 km. Hal ini mungkin disebabkan karena kedalaman sumur yang tidak terlalu dalam sehingga air tersebut tidak tercemar oleh air asin, sumur ini berada di atas permukaan laut dengan elevasi 23 m, sedangkan kedalaman sumur 13 m.

Kedua, pemodelan sayatan B pada gambar 4, diduga batuan gamping koral dan batu pasir, dari kedua jenis batuan tersebut terdapat dalam kelompok batuan sedimen dengan nilai densitas masing-masing batuan yang berbeda. Pada penampang irisan sayatan B (gambar 2) memotong plot mata air (Gua Uihani) yang tercemar air asin dengan data salinitas air 3,900 ppm, suhu 30,9°C dan jarak dari mata air (Gua Uihani) ke laut 2,5 km. Tercemarnya air pada mata air tersebut diduga karena lapisan bawah permukaan merupakan lapisan permeabel yang dapat ditembus air dan juga struktur geologi bawah permukaan yang didominasi dengan batuan berpori yang dapat menyimpan dan melepaskan air. Berdasarkan informasi yang diperoleh yaitu air pada gua tersebut mengalami pasang yang bersamaan dengan air laut, kemungkinan itu dikarenakan sungai bawah tanah.

KESIMPULAN

Hasil pemodelan data anomali gravitasi di Bolok, Kupang Barat Kabupaten Kupang:

1. Pada setiap sayatan tersusun atas dua lapisan yaitu batuan gamping dan batuan pasir dan memiliki nilai densitas yang berbeda. Batuan gamping koral dengan densitas 2,52 gr/cm³ sampai 2,56 gr/cm³ dan batuan pasir dengan densitas 1,61 gr/cm³ sampai 2,39 gr/cm³.
2. Intrusi air asin yang terjadi di Bolok Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang, dan cukup jauh dari laut kemungkinan disebabkan karena susunan struktur geologi bawah permukaan yang memiliki porositas sehingga air asin yang masuk mampu melewati batuan tersebut, dan juga didukung dengan data salinitas di lapangan.
3. Intrusi air asin yang terjadi pada pedalaman disebabkan karena penurunan muka tanah sehingga ketika dalam

pecarian air dengan sumur gali atau sumur bor dengan kedalaman yang sangat besar bisa menghasilkan air tanah yang asin/payau.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Icha Desti, Azizatul Ula, 2021, Analisis Sumber Daya Alam Air, Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI) Vol.3, No.2
- 2 Fakhriyah, Yeyendra, dan A Marianti, 2021, Integrasi Smart Water Management Berbasis Kearifan Lokal Sebagai Upaya Konservasi Sumber Daya Air di Indonesia, Indonesian Journal of Conservation 10(1) (2021) 67-41
- 3 Tematur, G., Tanesib, J. L. Pringak R.K. 2018. Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah Dengan Pemodelan Dua Dimensi (2D) Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Lokal. Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Vol.3, No.1, ISSN: 2503-5274(p).
- 4 Octonavrilna, L. 2009. Analisis Perbandingan Anomali Gravitasi dengan Persebaran Intrusi Air Asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007), Jakarta: Jurnal BMKG. No.1, Vol. 10, ISSN: 1411-3082.
- 5 Boling R, Tanesib J, Sutaji H, Lapono L, Lewerissa R, 2024, Re-evaluation of a geothermal system model based on high-resolution gravity field inversion: A case study of the Maritaing geothermal field, Alor Regency, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. Kuwait Journal of Science
- 6 Nubatonis H, Sutaji H, Warsito A, Tanesib J.L., 2021, Analisis Pola Sebaran Air Lindi Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Noenbila Kabupaten Timor Tengah Selatan Menggunakan Metode Elektromagnetik Konduktivitas, Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya, Vol. 6, No.1, <https://doi.org/10.35508/fisa.v6i1.2489>
- 7 Litanya Octonavrilna, I Putu Pudja, 2009, Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi Dengan Persebaran Intrusi Air Asin (Studi Kasus Jakarta 2006-2007) Jurnal Meteorologi Dan Geofisika Volume 10 Nomor 1, 39 – 57

- 8 Tamrin Tamim, Farouk Maricar, Mukhsan Putra Hatta, dan Ardy Arsyad, 2021, Identifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut di Pulau Kadatua, Kabupaten Buton Selatan, Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia, e-ISSN: 2621-7469
- 9 Dedy Irijayanto, 2016, Pemodelan Bidang Batas Lempeng Subduksi Dan Struktur Regional Bawah Permukaan Bumi Berdasarkan Data Anomali Gravitasi (Studi Kasus Gempabumi Papua 15 Juni 2016), SAINS, Volume 16, Nomor 2/ Juli 2016: 73 – 80
- 10 S. Imam, Supriyadi, 2014, Struktur Bawah Permukaan Sekaran Dan Sekitarnya Berdasarkan Data Gaya Berat, Unnes Physics Journal, UPJ 3 (1)
- 11 Imam Setiadi, Ai Diyanti dan Nanang. D. Ardi, 2014, Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gaya Berat, J.G.S.M. Vol. 15 No. 4 November 2014 hal. 205 – 214
- 12 M Irham Nurwidyanto, Rina Dwi Indriana, Zukhrufuddin Thaha Darwis, 2007, Pemodelan Zona Sesar Opak Di Daerah Pleret Bantul Yogyakarta Dengan Metode Gravitasi, Berkala Fisika Vol 10, No.1, April 2007, hal 65-70 ISSN: 1410 – 9662
- 13 Mochammad Malik Ibrahim, Pri Utami, Imam Baru Raharjo, 2022, Analisis Struktur Geologi Berdasarkan Data Gravitasi Menggunakan Metode *Second Vertical Derivative* (SVD) Pada Lapangan Panas Bumi "X", Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 3 No 2 (2022) 52-59
- 14 Edy Trihatmoko, Husein Sadewa Wiguna, Tjaturahono Budi Sanjoto, Juhadi Juhadi, Hariyadi Hariyadi, Sugeng Widada, David, Milliano Josanova, Abd Basith Mukhlas, Muhammad Taqy, Penelitian Pendahuluan (Preliminary Research) Intrusi Air Laut di Desa Sriwulan, Demak, Indonesia, Indonesian Journal of Oceanography, Vol 2, No 4 (2020), <https://doi.org/10.14710/halal.v%25i%25i.9304>
- 15 Kate Tully, Keryn Gedan, Rebecca Epanchin-Niell, Aaron Strong, Emily S. Bernhardt, Todd Bendor, Molly Mitchell, John Kominoski, Thomas E. Jordan, Scott C. Neubauer, And Nathaniel B. Weston, 2019, The Invisible Flood: The Chemistry, Ecology, and Social Implications of Coastal Saltwater Intrusion, *BioScience* 69:368–378, doi:10.1093/biosci/biz027