

INTERPRETASI JENIS BATUAN MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNETIK PADA DAERAH TERAKUMULASINYA AIR TANAH DI BENA AMANUBAN SELATAN

Yohanes Takaeb, Hadi Imam Sutaji, Bernandus

*Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang NTT
Email: johntakaeb15@gmail.com*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian interpretasi jenis batuan menggunakan metode geomagnetik pada daerah terakumulasinya air tanah di Bena Amanuban Selatan. Tujuan penelitian ini untuk menentukan pemetaan anomali magnetik bawah permukaan dan pola penyebaran batuan di sekitar daerah terakumulasinya air tanah. Akuisisi data menggunakan Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe GSM-19T. Hasil pengukuran data lapangan berupa nilai medan magnet total dan variasi harian yang diolah serta diinterpretasikan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif menunjukkan tiga pola anomali, yaitu anomali tinggi, sedang dan rendah. Anomali tinggi (sekitar 105 nT sampai 140 nT) pada bagian selatan dan barat daya diduga berupa batuan lempung dan batugamping. Anomali sedang (sekitar 70 nT sampai <105 nT) yang mendominasi lokasi penelitian diduga batuan lempung dan batu pasir. Anomali rendah (sekitar 40 nT sampai <70 nT) di bagian timur diduga batu gamping dan batu pasir. Interpretasi kuantitatif menunjukkan struktur batuan yang diduga akuifer yaitu batu pasir memiliki suseptibilitas $6.7 \times 10^{-5} - 3.56 \times 10^{-4}$ pada kedalaman 22.8 m serta batugamping yang bersifat meluluskan air dengan suseptibilitas $5.792 \times 10^{-3} - 9.247 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 75 m. Selain kedua batuan tersebut, terdapat batuan lempung dengan suseptibilitas $7.28 \times 10^{-4} - 1.063 \times 10^{-3}$ di kedalaman 13.8 m.

Kata kunci: Metode geomagnetik, suseptibilitas, akuifer.

Abstract

An interpretation of rock types has been done using geomagnetic method in the area of accumulated groundwater in Bena Amanuban Selatan. The purpose of this study was to determine the mapping of subsurface magnetic anomalies and the pattern of rock distribution around the accumulated groundwater area. Data acquisition using Proton Precession Magnetometer (PPM) type GSM-19T. The results of field data measurements in the form of total magnetic field value and daily variations are processed and interpreted qualitatively and quantitatively. Qualitative interpretation shows three patterns of anomalies, namely high anomalies, moderate and low. High anomalies (about 105 nT to 140 nT) in the south and southwest are thought to be clay and limestone. Moderate anomalies (about 70 nT to <105 nT) that dominate the study sites are suspected clay and sandstone. Low anomalies (about 40 nT to <70 nT) in the eastern part are suspected of limestone and sandstone. Quantitative interpretation shows the suspected aquifer rock structure of sandstone has a susceptibility of $6.7 \times 10^{-5} - 3.56 \times 10^{-4}$ at a depth of 22.8 m as well as a water-grinding limestone with the susceptibility of $5.792 \times 10^{-3} - 9.247 \times 10^{-3}$ with a depth of 75 m. In addition to these two rocks, there are clay rocks with the susceptibility of $7.28 \times 10^{-4} - 1.063 \times 10^{-3}$ at depth of 13.8 m.

Keywords: Geomagnetic method, susceptibility, aquifer.

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan karena terkait dengan air permukaan dan pemanfaatannya bagi makhluk hidup, khususnya manusia. Air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi, dimana salah satu sumber utamanya

adalah air hujan yang meresap melalui lubang pori diantara butiran-butiran tanah. Air tanah dapat ditemui pada formasi geologi tembus air yang dikenal dengan reservoir air tanah.

Akuifer dan reservoir erat kaitannya dengan air permukaan, dimana keberadaan akuifer maupun reservoir tersebut tergantung pada banyak faktor, salah satunya geologi suatu daerah. Ada daerah-daerah yang mudah

mendapatkan air, namun ada pula yang kesulitan air, misalnya Desa Bena.

Minimnya sumber air bersih di Desa Bena memaksa penduduk desa ini memanfaatkan air hujan, air sumur asin dan air kali untuk memenuhi kebutuhan air bersih walaupun dengan kualitas yang sangat buruk. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian bawah permukaan untuk mengetahui ada tidaknya lapisan batuan pembawa air atau akuifer di Desa Bena.

Jenis batuan bawah permukaan di Desa Bena terdiri atas batuan lempung, *alluvium* dan gamping. Dari ketiga jenis batuan tersebut yang bersifat sebagai akuifer (dapat menyimpan air tanah) adalah batuan *Alluvium*[1]. Interpretasi Jenis Batuan yang mengandung air tanah dapat diketahui melalui survei geofisika, misalnya metode geomagnetik.

Metode geomagnetik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi. Pada metode ini, bumi diyakini sebagai batang magnet raksasa tempat medan magnet bumi dihasilkan. Adanya medan magnet bumi pada bagian bumi tertentu disebut anomali magnet yang dipengaruhi oleh suseptibilitas batuan dan remanen magnetiknya. Menurut sifat kemagnetannya, batuan terbagi atas batuan diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, ferrimagnetik, antiferromagnetik[2].

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

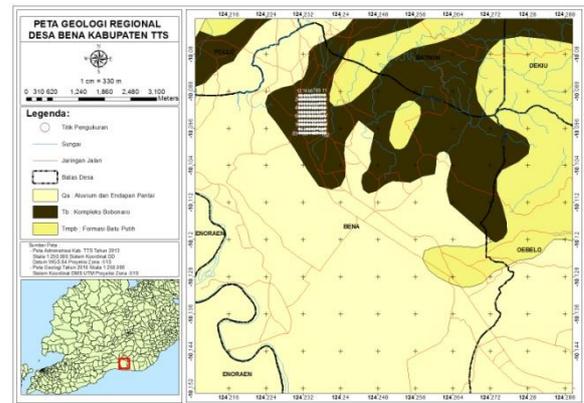
Lokasi penelitian di wilayah sekitar daerah terakumulasinya air tanah Desa Bena Kecamatan Amanuban Selatan Kabupaten Timor Tengah Selatan.

Secara stratigrafi kabupaten Timor Tengah Selatan memiliki jenis batuan yang terdiri dari batuan sedimen, batuan beku dan batuan malihan. Untuk geologi lokasi penelitian, ada dua jenis batuan sebagai penyusunnya yaitu (kompleks bobonaro), Formasi *alluvium*. Berikut ini peta geologi lokasi penelitian berdasarkan peta geologi regional lembar Kupang-Atambua, Timor[3].

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan saat penelitian terdiri atas kompas penunjuk arah, GPS, *Proton Precession Magnetometer* (PPM magnetometer) tipe GSM-19T, *Software IGRF*, *Software surfer 13*, *Software magpick*, *Software mag2DC*, peta geologi lembar Kupang-

Atambua dan tabel suseptibilitas batuan serta mineral.



Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian

Prosedur Penelitian

Survei Lokasi Penelitian

Ada dua tujuan utama dari survei lokasi penelitian, (1) memperoleh informasi geologi dan informasi lain yang terkait lokasi penelitian, (2) menentukan titik ukur pada lokasi penelitian.

Akuisisi Data

Akuisisi data penelitian terdiri atas akuisisi data di lapangan menggunakan GPS dan PPM magnetometer GSM-19T serta akuisisi data variasi harian dari BMKG kupang.

Pengolahan Data

Pengolahan data diawali koreksi variasi harian dan koreksi medan magnet utama bumi. Hasil koreksi berupa anomali medan magnet bumi yang dipetakan dan dikontinuasi ke atas serta dimodelkan agar mendapatkan distribusi batuan bawah permukaan

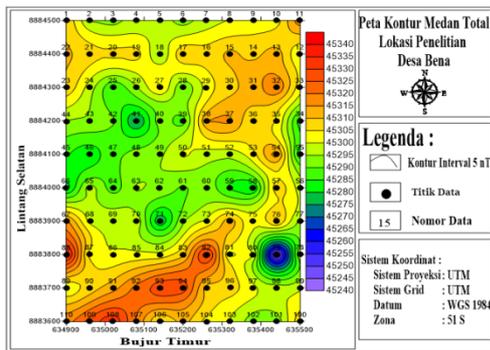
Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Akuisisi data meliputi akuisisi di lapangan dengan GPS dan alat PPM (*Proton Precession Magnetometer*) tipe GSM-19 Tserta akuisisi di BMKG Kupang. Data akuisisi berupa posisi titik ukur, medan magnet total dan variasi harian. Akuisisi data dengan PPM tipe GSM-19T dan variasi harian menggunakan teknik base-rover yang dianggap paling akurat karena mencatat nilai variasi harian setiap 12 detik.

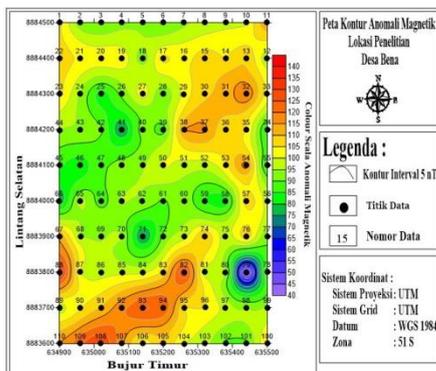
Data lapangan diambil dari titik-titik ukur yang berjumlah 110 titik ukur dan tersebar di lokasi penelitian. Adapun sebaran titik ukur dan peta medan magnet total bumi di lokasi

penelitian berkisar dari 45240 sampai 45340 seperti terlihat pada gambar 2.



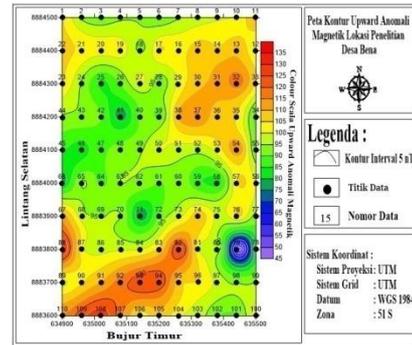
Gambar 2. Sebaran titik-titik ukur dan medan magnet total bumi

Untuk mendapatkan nilai anomali lokal maka data yang diperoleh kemudian diolah secara analitik menggunakan program *microsoft office excel 2007* dengan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi anomali magnetik di permukaan, yaitu koreksi IGRF dan koreksi variasi harian[4]. Hasil koreksi, kemudian ditampilkan dalam peta kontur anomali magnetik (ΔH) melalui *software surfer 13* seperti gambar 3.



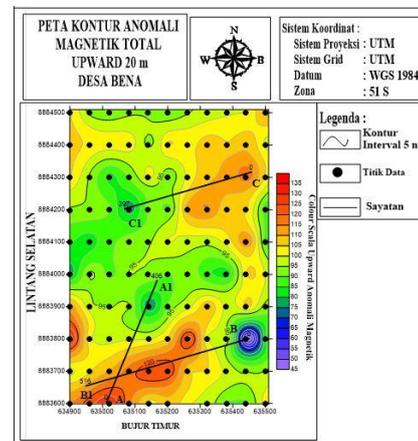
Gambar 3. Peta kontur anomali magnetik (ΔH) di lokasi penelitian (interval 5 nT).

Anomali magnetik yang diperoleh masih perlu ditransformasi medan magnetiknya atau dikenal dengan kontinuitas ke atas (*upward continuation*) menggunakan *software magpick*. Tujuan kontinuitas adalah menghilangkan efek magnetik lokal yang tidak berkaitan dengan target survei. Pada penelitian ini, kontinuitas ke atas dilakukan bervariasi, namun menggunakan variasi 20 m dengan gambar berikut ini.



Gambar 4. Hasil kontinuitas ke atas pada ketinggian 2 m

Hasil kontinuitas ke atas digunakan untuk penentuan lokasi peta sayatan anomali magnetik seperti terlihat di gambar 5.



Gambar 5. Peta sayatan magnetik yang akan dimodelkan

Pembahasan Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali magnetik (ΔH), dimana analisa pola anomali magnetik dilakukan dengan mempertimbangkan informasi geologi yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi.

Berdasarkan peta kontur anomali magnetik (ΔH) terlihat ada perbedaan warna yang menunjukkan nilai anomali magnetik lokasi penelitian berkisar sekitar 40 nT sampai 140 nT. Peta kontur anomali magnetik menampilkan 3 pola skala kontur anomali, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Pola Anomali rendah berada pada bagian tenggara lokasi penelitian dengan rentang nilai sekitar 40 nT sampai < 70 nT. Pola anomali sedang yang mendominasi lokasi penelitian memiliki rentang nilai sekitar 70 nT sampai < 105 nT dan pola anomali tinggi

tampak berada di bagian selatan serta barat daya lokasi penelitian dengan rentang nilai sekitar 105 nT sampai 140 nT.

Berdasarkan informasi geologi gambar 1, posisi titik pengukuran seluruhnya masuk dalam geologi kompleks bobonaro. Batuan penyusun kompleks bobonaro berupa batuan lempung bersisik dan bongkah-bongkah asing yang terdiri dari beberapa jenis batuan seperti batu pasir, batugamping dan batuan ultrabasa. Perbedaan batuan penyusun inilah yang mempengaruhi besarnya nilai anomali magnetik lokasi penelitian.

Interpretasi kuantitatif

Interpretasi kuantitatif digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dari data yang terukur. Untuk mengetahui struktur per lapisan batuan bawah permukaan, maka dibuat dengan cara menyayat anomali magnetik total dan dilakukan pemodelan berupa pemodelan dua dimensi (2D) menggunakan *software Mag2DC for windows*. Ada 3 buah sayatan yang dianggap mewakili keadaan bawah permukaan yaitu sayatan 1 (A-A1), sayatan 2 (B-B1) dan sayatan 3 (C-C1). Berikut ini tabel koordinat masing-masing sayatan.

Tabel 1. Tabel koordinat masing-masing sayatan

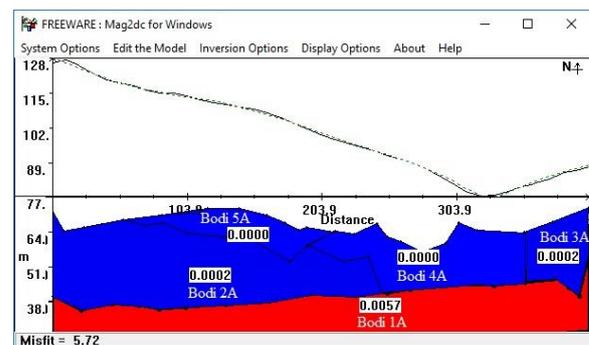
Sayatan	Lintang (UTM)	Bujur (UTM)
A-A1	635012.2741	8883604.627
	635167.4354	8883980.462
B-B1	635450.174	8883801.165
	634948.486	8883654.624
C-C1	635457.0699	8884316.645
	635067.4426	8884202.86

Ketiga data sayatan kemudian dimodelkan menggunakan pemodelan ke depan (*forward modelling*) 2D yakni dengan cara trial and error. Pemodelan dilakukan melalui substitusi nilai inklinasi -35.5717 , deklinasi 1.5155 , kedalaman 100 m, nilai suseptibilitas batuan dan mineral (tabel Telford 1998) serta nilai IGRF= 45207.2 nT serta suseptibilitas batuan dan mineral[5].

Pengubahan parameter dilakukan terus menerus sampai nilai anomali uji coba mendekati nilai anomali hasil perhitungan. Hal ini ditandai berhimpitnya grafik uji coba (garis utuh) dengan grafik anomali hasil dari lokasi

penelitian (garis putus-putus) serta semakin kecilnya nilai error[6].

Jika kedua grafik sudah saling berhimpitan, maka diidentifikasi bahwa model penampang per lapisan batuan bawah permukaan mendekati kondisi sebenarnya. Hasil pemodelan ketiga sayatan dapat dilihat pada gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6. Hasil pemodelan sayatan 1 (A –A1)

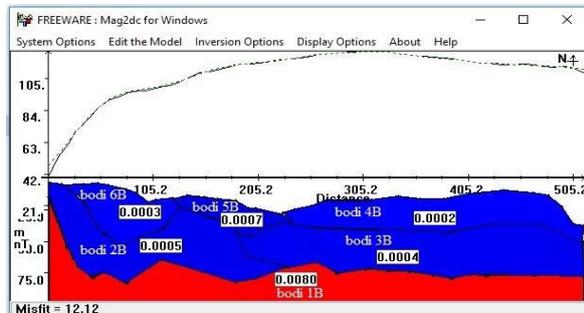
Pemodelan 2D di atas dilakukan dengan panjang lintasan 406 m, kedalaman 100 m, dan nilai error yang diperoleh 5.72 % serta nilai korelasi 0.999394. Pada gambar 6 ada lima jenis batuan penyusun yaitu bodi 1A diinterpretasikan, sebagai batugamping dan 2A, 3A, 4A, 5A dapat diinterpretasikan sebagai batu pasir.

Tabel 2. Hasil pemodelan sayatan 1 (A-A1)

Bodi Sayatan	K (cgs)	d ± (m) (kedalaman)	h ± (m) (ketebalan)	r ± (m) (jarak)	Litologi	Kelulusan Air
5A	0.000065	12-46	20	55.8-212.3	Batu Pasir	Akuifer
4A	0.000062	20-60	40	219.2-354.8	Batu Pasir	Akuifer
3A	0.000199	10-70	60	354.8-406	Batu Pasir	Akuifer
2A	0.000224	20-80	60	0-250	Batu Pasir	Akuifer
1A	0.005792	75-100	25	0-406	Batu Gamping	Meluluskan air

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan sayatan 1 (A-A1) tersusun atas batugamping yang mendominasi batuan dasar lokasi penelitian sedangkan anomali tinggi dan sedang adalah batu pasir yang tersebar sepanjang lintasan. Pada sayatan 1 (A-A1) menunjukkan bahwa batuan yang diduga sebagai akuifer adalah batu pasir, karena sifat batu pasir mampu menyimpan dan meluluskan air, terdapat juga batu gamping yang sifatnya mampu meluluskan air. Hal ini ditandai dengan ada sumur galian yang berada di selatan lokasi penelitian.

Hasil pemodelan untuk sayatan 2 (B-B1) memiliki enam bodi sayatan yaitu 1B, 2B, 3B, 4B, 5B dan 6B dengan tiga jenis batuan yaitu batugamping, batu pasir dan lempung.



Gambar 7. Hasil pemodelan sayatan 2 (B-B1)

Pemodelan sayatan 2 (B-B1) dibuat sepanjang 516 m dan kedalaman 100 m. Nilai error yang dihasilkan 12.12 % dengan nilai korelasi 0.998595.

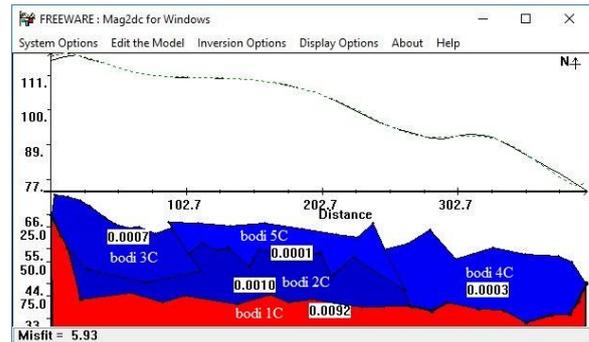
Tabel 3. Hasil pemodelan sayatan 2 (B-B1)

Bodi Sayatan	k (cgs)	d ± (m)	h ± (m)	r ± (m)	Litologi	Kelulusan air
		(kedalaman)	(ketebalan)	(jarak)		
6B	0.000302	4.3-43.5	41.2	19-130.3	Batu pasir	Akuifer
5B	0.000743	13.8-46.4	15.6	124.6-236.9	Lempung	Tidak lulus air
4B	0.000257	9.7-51.9	33	228-516	Batu pasir	Akuifer
3B	0.000477	34-79	45	184-516	Batu pasir	Akuifer
2B	0.000508	3.2-82.8	56	0-230	Batu pasir	Akuifer
1B	0.008066	14.6-100	35	0-516	Batu gamping	Meluluskan air

Hasil sayatan 2 (B-B1) menunjukkan bahwa lapisan lempung terletak di permukaan sedangkan pada lapisan yang kedua terdapat jenis batuan batu pasir. Tampak pula jenis lapisan batuan yang mendominasi sayatan pada area ini adalah batu pasir. Pada sayatan bagian timur terdapat singkapan lempung dan batu pasir, dimana dari ke tiga batuan tersebut yang diduga mampu menyimpan dan meluluskan air tanah adalah batu pasir dan batu gamping yang memiliki sifat mampu meluluskan air.

Pemodelan 2D untuk sayatan 3 (C-C1) terdapat dibuat dengan kedalaman 100 m dan panjang lintasan 400 m. Nilai error yang diperoleh sebesar 5.94 % dan nilai korelasi 0.998838.

Hasil pemodelan sayatan 3 diperoleh lima bodi sayatan yaitu bodi 1C, 2C, 3C, 4C dan 6A dengan tiga lapisan batuan yang terdiri dari batu pasir, lempung dan batugamping.



Gambar 8 Hasil pemodelan sayatan 3(C-C1).

Tabel 4. Hasil pemodelan sayatan 3(C-C1)

Bodi Sayatan	k (cgs)	d ± (m)	h ± (m)	r ± (m)	Litologi	Kelulusan air
		(kedalaman)	(ketebalan)	(jarak)		
5C	0.000160	21.7-60.7	28.3	89.8-250	Batu pasir	Akuifer
4C	0.000356	27.3-93.9	56.2	248-400	Batu pasir	Akuifer
3C	0.000728	2-65.6	40.6	3-113	Lempung	Tidak
2C	0.001063	37-80	27.4	16.2-226	Lempung	lulus air
1C	0.009247	16.7-100	25	0-400	Batu gamping	Meluluskan air

Hasil pemodelan dari sayatan 3 (C-C1) menunjukkan nilai anomali tinggi berada pada bagian timur yang diduga mengandung jenis batuan berupa lempung dengan sisipan batugamping. Untuk nilai anomali sedang diduga berupa batupasir dan lempung serta batugamping sebagai lapisan dasarnya. Pada anomali sedang juga terdapat penyimpanan air yang sangat kuat karena terdapat lapisan yang mampu manampung air (reservoir) yakni batuan lempung. Pada nilai anomali rendah dipengaruhi jenis batuan yang diduga berupa batu pasir dengan sifat menyimpan air (akuifer).

Berdasarkan tabel 2 tabel 3 dan tabel 4, jenis batuan yang diduga berpotensi sebagai akuifer adalah batu pasir, dimana batuan ini memiliki tingkat porositas sedang sehingga dapat menyimpan dan meluluskan air, terdapat juga batugamping yang memiliki sifat dapat meloloskan air[7].

Pada Sayatan 1 (A-A1) keberadaan akuifer terdapat di sepanjang lintasan, tepatnya dari selatan ke utara dengan kedalaman sekitar 50 m sampai 90 m. Sayatan 2 (B-B1) memiliki kedalaman akuifer sekitar 9.7 m sampai 78 m yang terbentang pada lintasan mulai bagian timur sampai barat. Untuk sayatan 3 (C-C1) memiliki kedalaman akuifer sekitar 21 m sampai 93 m. Akuifer memiliki sifat yang berbeda dengan lempung, dimana akuifer memiliki porositas paling besar sehingga

mampu meluluskan dan menyimpan air, sedangkan lempung memiliki porositas yang sangat kecil sehingga sulit meluluskan air

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan, hasil penelitian dan uraian pembahasan pada bagian sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemetaan anomali magnetik di daerah terakumulasinya air tanah Desa Bena Kecamatan Amanuban Selatan menunjukkan pola penyebaran anomali magnetik secara kualitatif sebanyak 3 pola anomali. Pola anomali tinggi berada pada bagian selatan dan barat daya lokasi penelitian dengan rentang nilai sekitar 105 nT sampai 140 nT dan diduga berupa lempung. Pola anomali sedang mendominasi lokasi penelitian dengan rentang nilai 70 nT sampai <105 nT, sedangkan pola anomali rendah berada di bagian timur lokasi penelitian dengan rentang nilai sekitar 40 nT sampai <70 nT yang diduga berupa batu pasir.
2. Pemodelan ke depan (*forward modelling*) 2D memberikan tampilan pola sebaran batuan penyebab anomali lokasi penelitian serta struktur batuan penyusunnya berdasarkan nilai suseptibilitas. Ada tiga jenis batuan yang terdapat di lokasi penelitian yaitu:
 - a. Batu pasir yang menyimpan dan meluluskan air dengan nilai suseptibilitas 0.000067 sampai 0.000197 pada sayatan 1 (A-A1), 0.000257 sampai 0.000508 pada sayatan 2 (B-B1) dan 0.000160 sampai 0.000356 di sayatan 3 (C-C1).
 - b. Lempung dengan nilai suseptibilitas 0.000743 pada sayatan 2 (B-B1) dan 0.000728 sampai 0.001063 pada sayatan 3 (C-C1). Sementara di sayatan 1 (A-A1) tidak terdapat lempung.
 - c. Batu gamping yang memiliki sifat dapat meluluskan air dengan nilai suseptibilitas 0.005656 pada sayatan 1 (A-A1), 0.008066 sayatan 2 (B-B1) dan 0.009247 sayatan 3 (C-C1).

SARAN

1. Apabila ingin melakukan penelitian di lokasi yang sama maka perlu memperbanyak titik ukur dan luas wilayah sehingga data yang didapat lebih akurat dan bervariasi.

2. Perlu adanya penelitian untuk kualitas air dan perlu dilakukan survei yang lebih detail, atau dengan pengembangan sumur gali dengan menggeser posisi jarak 60 meter hingga 100 m. Tujuannya adalah untuk menghindari intrusi anomali medan luar dan mendapatkan anomali yang besar yang menyebabkan rasa asin pada air sumur warga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Menti, Wenseslaus. 2015. Skripsi. *Penentuan Kedalaman Air Tanah Berdasarkan Resistivitas Batuan Di Desa Bena Kecamatan Amanuban Selatan Kabupaten Timor Tengah Selatan*. Universitas Nusa Cendana: Kupang.
2. Siahaan, B, U, B, M. 2009. *Penentuan Struktur Pada Zona Hidrokarbon Daerah "X" Menggunakan Metode Magnetik*, Skripsi. Jakarta: FMIPA Jurusan Fisika. Universitas Indonesia.
3. Suwitodirdjo S.T.S. 1979. *Peta Geologi Lembar Kupang- Atambua, Timor, skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Endear Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung*.
4. Grant, F.S. & West, G.F., 1965. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, McGraw-Hill, New York.
5. Telford, W.M; Geldart, L.P; Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. USA.
6. Deniyatno. 2010. *Pemodelan ke Depan (Forward modelling) 2 Dimensi Data Magnetik Untuk Identifikasi Bijih Besi. Di Lokasi X, Provinsi Sumatera Barat, Jurnal Aplikasi Fisika, Skripsi*. Kediri: Universitas Halouleo.
7. Warmada, I.W., 2006. *Porositas Batupasir dan Parameter Empiris Yang Berpengaruh terhadap akuifer*, Skripsi. FMIPA Jurusan Fisika. Universitas Indonesia.