

**PEMETAAN BENTANG ALAM KARST BAUMATA DAN SEKITARNYA,
KABUPATEN KUPANG, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR**

*MAPPING THE KARST LANDSCAPE OF BAUMATA AND ITS SURROUNDINGS, KUPANG
DISTRICT, EAST NUSA TENGGARA PROVINCE*

Maria Genoveva Klau, Noni Banunaek dan Aisyah Ahmad

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

e-mail: genovevamaría002@gmail.com, nbanunaek@staf.undana.ac.id dan

aisyah.ahmad@staf.undana.ac.id

Abstrak

Desa Baumata berada pada Kecamatan Taebenu dengan luas wilayah 106,42 km². Desa Baumata terdapat Hutan Taman Wisata Alam atau Hutan Konservasi (SK: 357/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2016), dan Kawasan Bentang Alam Karst (Permen ESDM No. 17 Tahun 2012 Kawasan Deliniasi KBAK level (1) yang belum ditetapkan sebagai bentang alam karst yang harus dikonservasi. Selain itu ada juga mata air Baumata yang keluar melalui gua-gua dan rongga karst basah yang khas pelarutan batugamping baik di permukaan maupun di bawah permukaan, sehingga dapat berkembang juga bentang alam karst. Di duga bentang alam karst ini sangat penting perannya bagi aliran sungai bawah tanah dan mata air. Bentang alam karst di daerah Baumata dan sekitarnya menunjukkan adanya bentuk-bentuk bentang alam karst dipermukaan dan dibawah permukaan. Dipermukaan terdapat bukit dan lembah-lembah pelarutan doline, uvala dan polje, gua dan rongga masuknya air. Dipermukaan juga terdapat kawasan hutan konservasi yang sangat lebat dengan berbagai jenis flora dan fauna. Sedangkan bentuk bentang alam karst dibawah permukaan di lokasi ini berupa gua dan rongga yang mengalirkan air tanah permanen. Di dalam gua-gua ini juga didapati stalaktit. Adapun beberapa sumur dengan kedalaman dangkal (4,23 m) dan kedalaman yang cukup dalam sekitar (21,5 m).

Kata kunci: *Desa Baumata, bentang alam karst, pemetaan*

Abstract

Baumata Village is in Taebenu District with an area of 106.42 km². Baumata Village contains a Natural Tourism Park Forest or Conservation Forest (SK: 357/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2016), and a Karst Landscape Area (Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 17 of 2012 KBAK level (1) Delineation Area which has not yet been designated as a karst landscape that must be conserved. Apart from that, there is also the Baumata spring which comes out through caves and wet karst cavities which are typical of the dissolution of limestone both on the surface and below the surface, so that karst landscapes can also develop. It is thought to be a natural landscape This karst plays a very important role in the flow of underground rivers and springs. The karst landscape in the Baumata area and its surroundings shows the existence of karst landscape forms on the surface and below the surface. On the surface there are hills and valleys dissolving dolines, uvala and polje, caves and cavities for water to enter. On the surface there is also a very dense conservation forest area with various types of flora and fauna. Meanwhile, the karst landscape below the surface at this location is in the form of caves and cavities that drain permanent groundwater. In these caves, stalactites are also found. There are several wells with shallow depths (4.23 m) and quite deep depths of around (21.5 m).

Keywords: *Baumata village, karst landscape, mapping*

PENDAHULUAN

Desa Baumata berada pada Kecamatan Taebenu dengan luas wilayah 106,42 km². Secara geologi regional menurut HMD Rosidi dkk tahun 1996 dengan skala 1:250.000. Desa Baumata terdapat Hutan Taman Wisata Alam atau Hutan Konservasi (SK: 357/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2016), dan Kawasan

Bentang Alam Karst (Permen ESDM No. 17 Tahun 2012 Kawasan Deliniasi KBAK level (1) yang belum ditetapkan sebagai bentang alam karst yang harus dikonservasi. Ada juga mata air Baumata yang keluar melalui gua-gua dan rongga karst basah yang khas pelarutan batugamping baik di permukaan maupun di bawah permukaan, sehingga dapat berkembang juga bentang alam karst.

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana bentang alam karst di daerah baumata berdasarkan hasil interpretasi citra Demnas ?
2. Bagaimana bentang alam karst di daerah penelitian dapat mengontrol aliran air tanah berdasarkan hasil pemetaan?

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode deskriptif analisis yaitu dengan cara pengumpulan data-data sekunder sebelum melakukan pekerjaan lapangan/survey. Pengumpulan data primer langsung di lapangan, pengolahan data (Analisis)

Data Primer

1. Geologi permukaan
Melakukan kegiatan penelitian untuk mendapatkan informasi-informasi singkapan batuan dan bentang alam karst yang menghasilkan suatu bentuk laporan berupa peta geologi sehingga dapat memberikan gambaran mengenai penyebaran susunan batuan, rekahan, rongga, gua dan aluvium pada lokasi penelitian.
2. Daerah bukit, lembah, gua-gua, jalur rekahan dilapangan berdasarkan hasil interpretasi peta topografi hasil olaharn citra Demnas.

Data Sekunder

1. Peta Topografi RBI
2. Peta Geologi Regional Rosidi HMD, dkk
3. Peta Hidrogeologi Timor Barat
4. Peta Kesampaian Lokasi

Pengolahan dan Analisa Data

Survey lapangan berupa pengamatan bentang alam karst dilakukan secara langsung di lapangan, kemudian dilakukan pengukuran, pendataan dan pemetaan, serta pengambilan gambar/foto. Survey ini dilakukan terhadap bentuk-bentuk morfologi yang sebelumnya telah diinterpretasi melalui Citra DEMNAS, seperti perbukitan, lembah-lembah yang memanjang, rongga dan gua, morfologi dalam gua, rekahan, dan patahan. Hasil dari pengamatan lapangan akan diolah menggunakan software Arcgis versi 10.8.

LANDASAN TEORI

Kondisi Geologi

Stratigrafi daerah penelitian dan sekitarnya menurut Rosidi dkk. (1979), dari berumur tua ke muda adalah sebagai berikut:

- Formasi Noele (QTn). Terdiri dari napal pasir berselang seling dengan batupasir, konglomerat dan sedikit tufa dasit. Perubahan fasies kearah lateral dan vertikal sangat cepat.

Napal berwarna putih abu-abu, pasir, kadang lanauan.

- Batugamping Koral (Ql). Terdiri dari batugamping koral, berwarna putih hingga kekuning-kuningan, kadang kemerahan. dan berkembang pula batugamping terumbu dengan permukaan kasar dan berongga.

Kondisi Hidrogeologi

Berdasarkan Peta Hidrogeologi (Soekrisno H. dkk, 1990), di daerah penelitian merupakan daerah air tanah langka dengan akuifer aliran celahan, rekahan dan saluran.

Mata Air

Mata air adalah konsentrasi pelepasan Air tanah yang muncul di permukaan tanah sebagai arus air yang mengalir, dibedakan dengan areal rembesan, yang mengindikasikan pergerakan Air tanah yang lebih lambat ke permukaan tanah. Air di area rembesan dapat merembes dan menguap atau mengalir, tergantung pada besarnya rembesan, iklim, dan topografi.

Bentang Alam Karst

Topografi karst didefinisikan sebagai lahan dengan relief dan pola penyaluran yang aneh, berkembang pada batuan yang mudah larut (memiliki derajat kelarutan yang tinggi) pada air alam dan dijumpai pada semua tempat pada lahan tersebut.

Geomorfologi karst antara lain Dolin, Uvala, Polje, dan morfologi mikro.

1. Dolin

Dolin berasal dari bahasa Slavia dolina yang berarti lembah. Dolin merupakan cekungan tertutup berbentuk bulat atau lonjong dengan ukuran beberapa meter hingga lebih kurang satu kilometer (Ford dan Williams, 1992:339)

2. Polje

Polje merupakan istilah yang berasal dari bahasa Slovenia yang berarti ladang yang dapat ditanami.

3. Bukit Karst

Bukit karst yang umumnya mendominasi kenampakan pada kawasan karst, pada dasarnya merupakan bentuk lahan sisa atau residual dari proses perkembangan karst atau karstifikasi.

Gua

Menurut Mylroie dan Carew, (1995: 6-10), gua dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya menjadi tiga, yaitu:

- a. *Phreatic cave (flank margin cave dan banana hole)*, adalah gua yang berkembang pada daerah muka air tanah akibat pelarutan oleh air tanah, ataupun kemudian

dinding goa runtuh sehingga memiliki mulut gua yang lebar.

- b. *Fracture caves*, gua yang terbentuk akibat sesar atau patahan pada zona patahan dan berkembang baik secara vertikal maupun horizontal.
- c. *Pit caves*, adalah gua yang terbentuk akibat proses perkembangan ponor yang semakin melebar dan berkembang ke arah vertikal.
- d. Lembah karst merupakan topografi karst mayor yang dapat menunjukkan klasifikasi karakteristik dari lembah yang terdapat pada morfologi karst.

Porositas dan Permeabilitas Karst

Berdasarkan asalnya, porositas dibedakan menjadi porositas primer dan sekunder. Porositas primer terbentuk pada saat pengendapan, sedangkan porositas sekunder terbentuk setelah proses pengendapan batugamping. Porositas primer batugamping berkisar 0,67–2,55%), yang sangat kecil jika dibandingkan dengan porositas batupasir yang berkisar 3,32 – 39,8% (Pettijohn, 1949). Porositas sekunder terdiri dari rekahan, rongga dan gua, dan lebih umum dijumpai di daerah karst dibandingkan dengan porositas primer (Milanovic, 1981).

Air Tanah Daerah Karst

Milanovic (1981) membagi zonasi airtanah daerah karst menjadi tiga bagian utama yaitu:

1. Zona di atas akuifer; merupakan zona masuknya air kedalam akuifer melalui rekahan-rekahan secara vertikal.
2. Zona akuifer, dapat terdiri dari;
 - a. Zona yang cepat mengalami perubahan muka airtanah dan hanya ada pada saat hujan.
 - b. Zona yang lambat mengalami perubahan muka airtanah, berkapasitas besar dan berada di rekahan dan rongga.
3. Zona di bawah batas karstifikasi.

Rekahan

Rekahan merupakan bidang diskontinuitas pada batuan akibat deformasi. Rekahan merupakan bukaan awal dan dapat terisi oleh mineral, sehingga rekahan berefek positif dan negatif terhadap aliran fluida. Secara eksperimen, rekahan dapat diklasifikasikan dan terdiri dari rekahan : “shear”, “extension” dan “tensile”. geologi. dibantu dengan pengamatan lapangan (Parizek, 1976).

Kelurusan

Dalam interpretasi citra geologi dikenal istilah “linear” dan “lineament”. Istilah linear, untuk mendiskripsikan suatu objek atau susunan objek yang lurus, terlihat jelas dan pendek (kurang dari

5% panjang citra yang digunakan). Istilah lineament, untuk mendiskripsikan topografi, rona dan kondisi geologi, yang tersusun menjadi suatu bentuk kelurusan, umumnya panjang dan kadang terlihat secara samar atau lemah. Istilah lineament dan linear tidak memiliki arti genesa, dan jika telah dikenali dan diyakini sebagai suatu kenyataan geologi di lapangan maka dapat diberikan nama secara geologi (Drury, 1993).

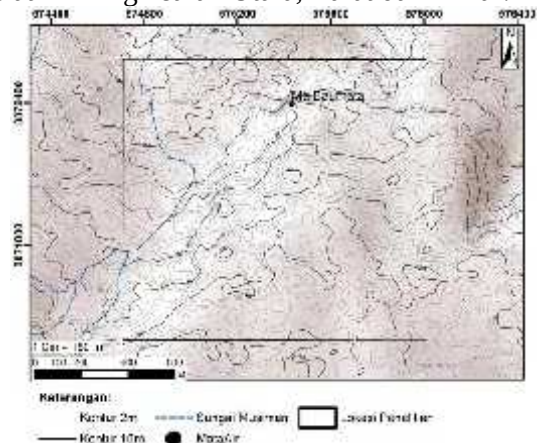
Pemetaan

Untuk memetakan daerah dengan ukuran kurang dari 30x30 , permukaan bumi dapat diasumsikan sebagai permukaan yang datar. Sehingga pada pemetaan berlaku ilmu ukur bidang datar. Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data atau informasi tanpa perlu menyentuh objek yang akan diteliti. Dalam hal ini, penginderaan jauh dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit (Landsat, Noaa, Aster Gdem, SRTM, DEMNAS dan lain-lain), foto udara dan Peta Topografi. DEM Nasional dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi resampling 5m dari resolusi asli 5-10 m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11,25m), dengan menambahkan data mass point yang digunakan dalam pembuatan peta Rupabumi Indonesi (RBI). Resolusi spasial DEMNAS ADALAH 0.27-arcsecond, dengan menggunakan datum vertikal EGM2008.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Topografi

Topografi daerah Penelitian dan sekitarnya berada pada elevasi 194 – 280 mdpl. Daerah ini relatif miring kearah Utara, Barat dan Timur.



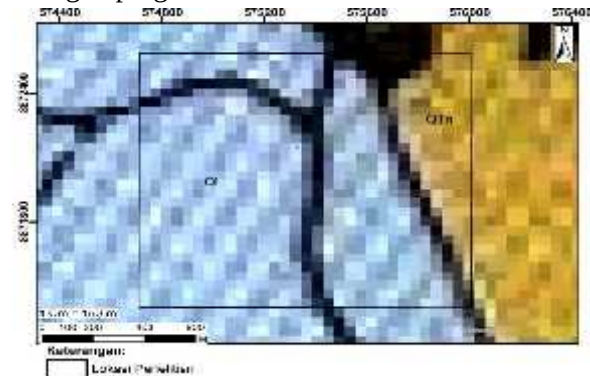
Gambar 1. Peta Topografi Daerah Penelitian

Terdapat satu sungai yang berair pada saat musim hujan dan terletak pada bagian barat, sedangkan di daerah lainnya tidak terdapat sungai. Terdapat juga bukit-bukit dengan beda

tinggi 2 - 10 m, dan lembah-lembah dengan kedalaman 2 - 6 m, bukit dan lembah tersebut merupakan bukit dan lembah karst.

Geologi

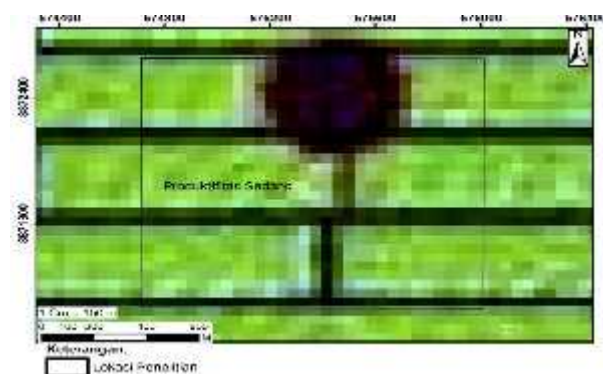
Geologi daerah penelitian dan sekitarnya berdasarkan Rosidi dkk. (1979) terlihat daerah penelitian dan sekitarnya sebagian besar terdiri dari Satuan Batuan Batugamping Koral (QI) terdapat di sebagian besar daerah penelitian yaitu pada bagian selatan, barat dan utara. Di bagian timur terdapat Formasi Noele. Formasi Noele berada secara tidak selaras dibawah Satuan Batugamping Koral.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

Hidrogeologi

Daerah penelitian berdasarkan Peta Hidrogeologi Soekrisno H. dkk, Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan, ketersediaan air tanah dan produktifitasnya termasuk akuifer produktifitas sedang. Aliran air tanah terbatas pada zona celahan, rekahan dan saluran pelarutan, muka air tanah umumnya dalam, debit sumur dan mata air beragam dalam kisaran yang besar, mata air umumnya jarang

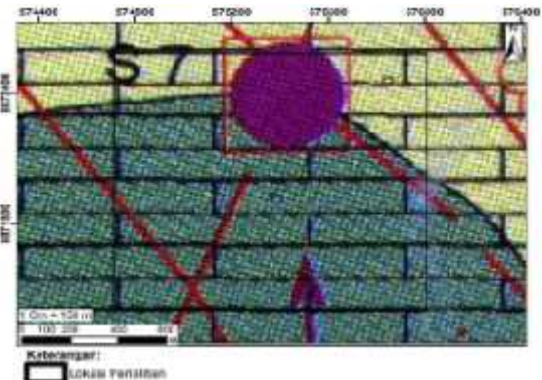


Gambar 3. Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Peta Hidrogeologi daerah penelitian berdasarkan Aquater S.p.A. Eni Group – Italy, dan Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan 1993, di daerah penelitian, ketersediaan air tanah dan produktifitas akuifernya termasuk daerah akuifer dengan produktifitas tinggi yang aliran air

tanah terbatas pada zona celahan, rekahan dan saluran pelarutan, muka air tanah umumnya dalam, debit sumur dan mata air beragam dalam kisaran yang besar

Daerah penelitian juga termasuk dalam akuifer dengan produktifitas sedang yang aliran air tanah terbatas pada zona celahan, rekahan dan saluran pelarutan, kedalaman muka air tanah, debit sumur dan mata air beragam dalam kisaran yang besar.

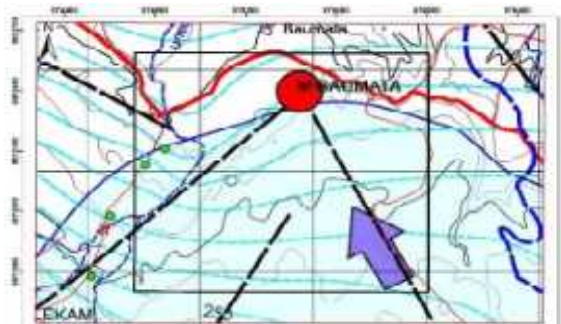


Gambar 4. Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Cekungan Air Tanah

Aquater (1993) dan Banunaek, N (2005) menyimpulkan bahwa morfologi batas bawah dan tebal batugamping mengontrol sebaran air tanah dan cekungan air tanah di Kupang dan sekitarnya. Di Kupang dijumpai lima sub-cekungan air tanah yang terbentuk akibat sesar yang berkembang sebelum pengendapan batugamping, yakni pada Formasi Noele dan Kompleks Bobonaro.

Salah satu cekungan adalah cekungan Baumata. Cekungan Baumata terpisah dari cekungan lain oleh suatu tinggian lapisan impermeabel dibawah permukaan berupa Fm. Noele dan Kompleks Bobonaro dan tinggian ini menyebabkan munculnya mata air Baumata. Rekahan terlihat berarah ke barat daya – timur laut dan barat laut. Rekahan ini yang mengontrol aliran air tanah dan keluarnya air tanah sebagai mata air di Baumata.



Gambar 5. Peta Cekungan Air Tanah Baumata

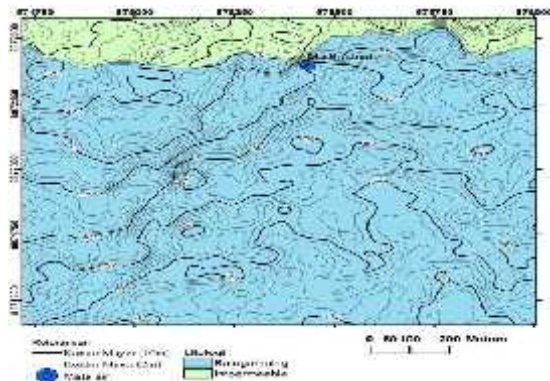
Interpretasi Bentang Alam Karst

Bentang alam karst adalah suatu topografi

pada daerah dengan litologi berupa batugamping yang mudah larut, menunjukkan relief yang khas, penyaluran yang tidak teratur, aliran sungainya secara tiba-tiba masuk kedalam tanah dan munculnya lembah kering untuk kemudian keluar ditempat lain sebagai mata air yang besar. Interpretasi meliputi litologi, kelurusan yang diinterpretasikan sebagai rekahan, rongga, serta gua, dan interpretasi bukit dan lembah berdasarkan Citra Demnas dengan ketelitian 5-10 m.

Interpretasi Litologi

Litologi di daerah penelitian diinterpretasikan berdasarkan peta geologi regional HMD Rosidi, dkk, 1996 dan topografi daerah penelitian. Daerah yang landai diinterpretasikan sebagai Formasi Noele (QTn), terbukti dengan adanya sawah-sawah dan munculnya mata air yang keluar akibat adanya kontak antara batugamping dan formasi noele.

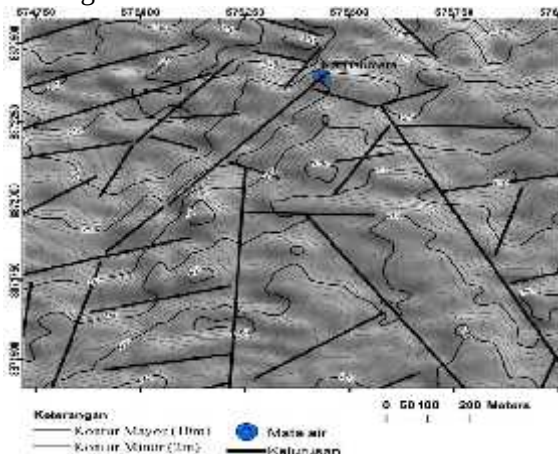


Gambar 6. Peta Interpretasi Litologi

Hasil interpretasi Citra Demnas Bentuk bukit-bukit dan lembah-lembah yang berkembang pada daerah batugamping. Pada bagian utara diinterpretasikan Formasi Noele karena kurang berkembangnya bukit-bukit.

Kelurusan

Dari data Demnas diolah menjadi hillshade atau bayangan bukit yang bisa dilihat pada ketinggian 10 m dengan arah mata angin 225 dan kemiringan matahari 30.

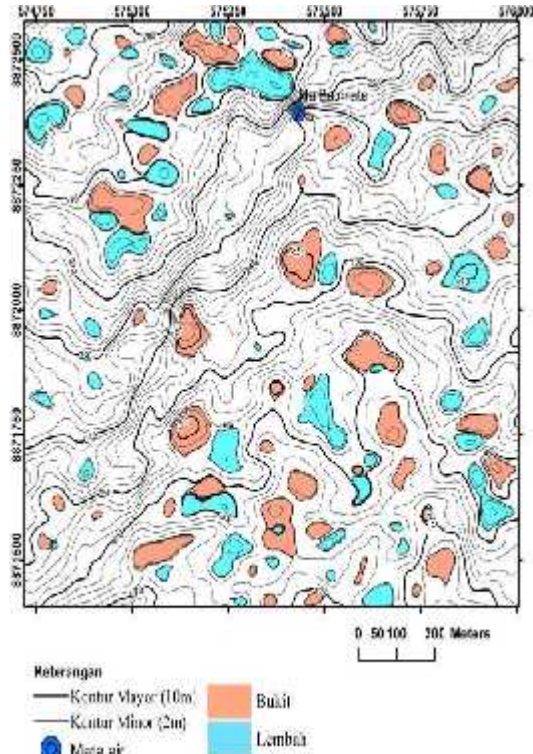


Gambar 7. Peta Interpretasi Kelurusan

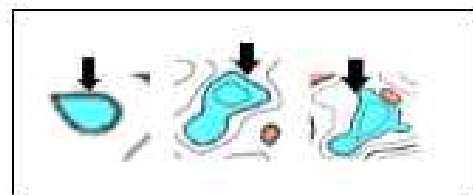
Berdasarkan topografi dan bayangan bukit dapat ditarik kelurusan. Sebagian kelurusan berhubungan dengan mata air. Kelurusan diinterpretasikan sebagai jalur rekahan karena sering dilalui air, maka terbentuknya rongga dan gua.

Lembah dan Bukit

Demnas diolah dengan bantuan Software Surfer dibuat daerah bukit dan lembah.



Gambar 8. Peta Lembah dan Bukit



Gambar 9. Contoh Bentuk Dolina, Uvala, Polje Daerah Penelitian

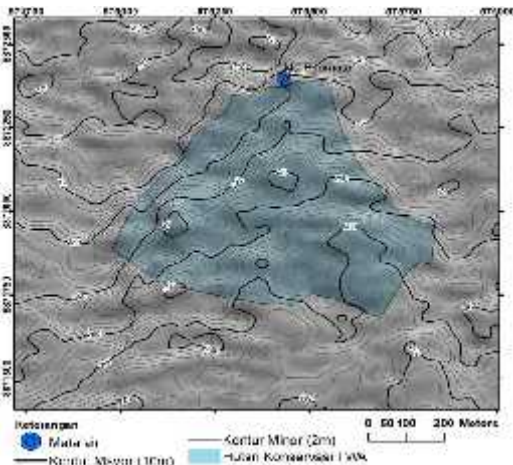


Gambar 10. Contoh Bukit yang Bulat dan Memanjang

Kawasan Hutan Konservasi

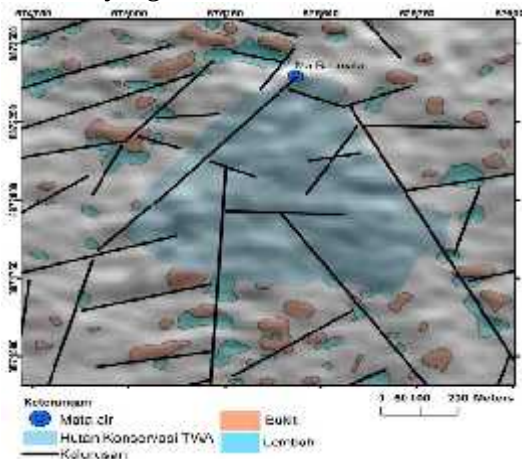
Pada daerah penelitian juga terdapat Kawasan Hutan Konservasi/ Hutan Taman Wisata berdasarkan SK:

357/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2016, luasnya 36,21 Ha.

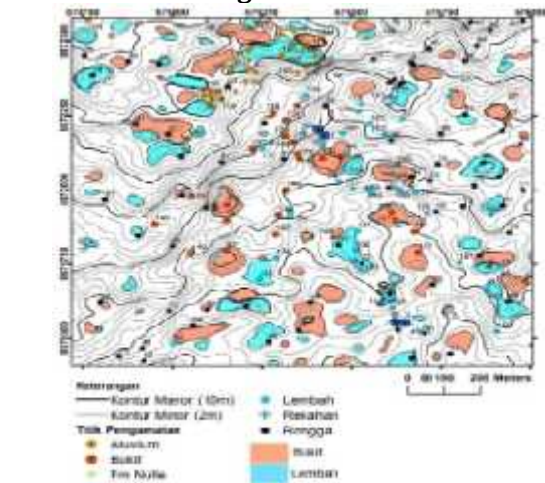


Gambar 11. Peta Kawsan Hutan Konservasi

Topografi di Kawasan hutan berbentuk bukit dan lembah. Jadi bentang alam karst daerah penelitian yaitu terdapat pada litologi berupa batugamping yang terdapat pada lembah dan bukit. Bentuk lembah berupa dolina, uvala, polje serta bukit yang berbentuk bulat dan memundar.

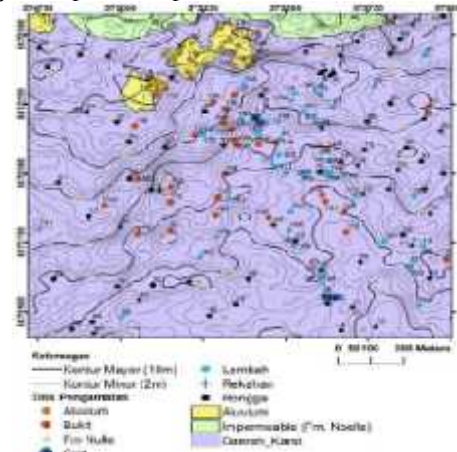


Gambar 12. Peta Interpretasi Bentang Alam Karst



Gambar 13. Peta Sebaran Titik Pengamatan

Ada 187 titik pengamatan geologi permukaan dapat dibedakan menjadi 152 batugamping koral yang berkembang sebagai daerah karst, 26 titik napal pasir berselang seling dengan batupasir di Formasi Noele dan soil yang tebal (alluvium), 9 titik Napal pasir (Fm. Noele) berada dibawah batugamping yang secara hidrogeologi berperan menjadi lapisan impermeable.



Gambar 14. Peta Geologi Hasil Pengamatan

Dapat dilihat pada bagian utara telah dijumpai Fm. Noele yang berperan sebagai lapisan impermeable yang berada dibawah batugamping, menunjukkan batugamping di bagian utara hanya setempat-setempat berada diatas Fm. Noele. Munculnya Mata Air Baumata yang mengalir melalui gua, rongga dan rekahan pada batugamping akibat kontak antara batugamping dengan lapisan impermeable (Fm. Noele) yang berada dibawahnya. Kearah selatan sebaran batuan dipermukaan seluruhnya berupa batugamping yang ditandai sebagai daerah karst. Dapat dilihat pada peta gambar 14 nomor pengamatan 3 dan 46 di jumpai gua yang dijumpai berbentuk vertikal dan adapun gua yang beratap stalaktit, namun didasar gua tidak berkembang stalakmit karena gua ini berair sehingga tidak bisa terjadi adanya proses pembentukan.



Gambar 15

A.Rekahan dan Batugamping yang Berongga Intensif. B. Rongga Besar. C. Gua Vertikal

(ponor). D. Gua Stalaktit. E. Gua yang Berkembang dari Rekahan dan Berongga Batugamping

Ditemukan batugamping berongga (lubang-lubang kecil) dan intensitas rongga semakin banyak pada daerah hutan yang lebat pada titik pengamatan 55. Rongga akibat pelarutan batugamping dan pelarutan intens terjadi akibat dedaunan yang meningkatkan keasaman air hujan dan menyebabkan pelarutan semakin intens. Ditemukan pula retakan yang berkembang menjadi rongga dan lubang. Gambar A dan B menunjukkan adanya retakan memanjang yang berkembang menjadi lubang dengan besar lubang sekitar 10 cm berada pada bagian selatan dengan nomor titik pengamatan 10 dan 54, sedangkan gambar C adanya retakan yang berkembang menjadi rongga berukuran sekitar 2 cm berada pada bagian selatan dengan titik pengamatan nomor 15 pada peta gambar 14

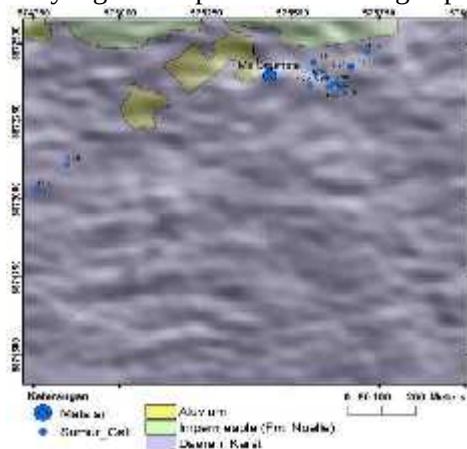


Gambar 16.

- A. Retakan yang Berkembang Menjadi Lubang.
- B. Retakan yang Berkembang Menjadi Lubang.
- C. Retakan yang Berkembang Menjadi Rongga

Pengamatan Sumur Gali

Sumur gali hanya dijumpai di bagian utara dan barat daerah penelitian (**Gambar 18**). Kedalaman sumur gali di bagian utara adalah berkisar 4,6 - 15 m, sedangkan dibagian barat kedalaman 17 - 21 m. Di bagian tengah sumur gali terdapat mataair yang keluar pada kontak batugamping.



Gambar 17. Peta Sebaran Batuan, dan Lokasi Sumur Gali Beserta Kedalaman di Daerah Penelitian



Gambar 18. Pengamatan Sumur Gali

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kondisi Bentang Alam Karst daerah penelitian hasil interpretasi Citra DEMNAS terlihat adanya bentuk bukit, lembah, yang tidak terlalu banyak jumlahnya, serta terindikasi adanya rekahan, rongga, dan gua hasil interpretasi dengan cara penarikan kelurusan. Terdapat juga Kawasan Hutan Konservasi/ Hutan Taman Wisata Alam Baumata dengan luas kawasan (36,21 Ha).
2. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan adanya bentuk-bentuk bentang alam karst dipermukaan dan dibawah permukaan. Di permukaan terdapat bukit dan lembah-lembah pelarutan doline, uvala dan polje, gua dan rongga masuknya air. Di permukaan juga terdapat kawasan hutan konservasi yang sangat lebat dengan berbagai jenis flora dan fauna. Sedangkan bentuk bentang alam karst dibawah permukaan di lokasi ini berupa gua dan rongga yang mengalirkan air tanah permanen. Di dalam gua-gua ini juga didapati stalaktit. Terdapat juga sumur gali dengan kedalaman dangkal (4,23 m) dan kedalaman yang cukup dalam sekitar (21,5 m). Hasil pemetaan di lapangan menunjukkan bahwa jalur rekahan, rongga, dan gua yang ada di bentang alam karst ini menyalurkan air tanah yang mengarah ke gua Mata Air Baumata

Saran

1. Perlu dipetakan Kawasan Bentang Alam Karst yang masih menerus di sebelah selatan daerah penelitian.
2. Perlu dijaga potensi Mata air Baumata agar tidak tercemar karna memiliki jumlah debit yang cukup besar karena arah aliran tanah yang melalui rongga, dan gua mengarah ke arah mata air

DAFTAR PUSTAKA

Aquater, April 1993, Groundwater Investigation Development and Management for Rural and Urban Supply Project in Western

- Timor. Final Report, 187p.
- Banunaek, Noni. 2005. "Potensi dan Dampak Pemanfaatan Airtanah Terhadap Masyarakat Kota Kupang", *Seminar Pengembangan dan pemberdayaan Konsumen Jasa Konstruksi*. YPKJI, Kupang
- Direktorat Geologi Tata Lingkungan (DGTL), 1986. Peta Hidrogeologi Timor Barat, Skala 1:250.000
- Drury S.A, 1993. Image Interpretation in Geology. Second Edition, Chapman Hall, 283 p.
- Ford, D. dan William, P. (2007). Karst Hydrogeology and Geomorphology. Sussex: John Wiley and Sons
- Haryono, E., & Adji, T. N. (2004). *Pengantar geomorfologi dan hidrologi karst*. Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Milanovic P.T, 1981. Karst Hydrogeology. Water Resources Publications Colorado, USA, 434p
- Nelson Ronald A., 1985. Geologic analysis of Naturally Fractured Reservoirs. Gulf Publishing Company, Houston, 320p.
- Parizek Richard R., 1976. On the Nature and Significance of Fracture Traces and Lineaments in Carbonate and Other Terranes. *Proceedings book "Karst Hydrology and Water Resources"*, Water Resources Publications Colorado, USA, p.47-100.
- Permen ESDM No. 17 Tahun 2012
- Rosidi H.M.D., Tjokrosapoetro S., dan S. Gafoer, 1979. SK: 357/Menlhk/Setjen/PLA.0/5/2016