STUDI GEOMORFOLOGI KARST FORMASI TOKALA DAERAH WATUKILA, KECAMATAN LASOLO, KABUPATEN KONAWE UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Masrudin[1], Hasria[*2], Ali Okto[3], Irawati[4], Muhammad Rusli Muin[5],
[1,2,3]Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo
[4]Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Universitas Halu Oleo
[5]Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako
Email: [1]ombimartaz@gmail.com, [*2]hasriageologi@gmail.com, [3]aliokto.geologi@uho.ac.id, [4]irawati28871@gmail.com, [5]rusli8998@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di daerah Watukila dan sekitarnya, Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jenis dan variasi morfologi karst di daerah penelitian pada Formasi Tokala. Metode penelitian ini, terbagi atas tiga yaitu studi pendahuluan, pengambilan data berupa observasi dan pengukuran langsung di lapangan menggunakan analisis petrologi dan analisis morfografi; analisis dan pengolahan data berupa analisis laboratorium menggunakan analisis petrografi; dan interpretasi peta citra satelit dan peta topografi menggunakan analisis morfometri. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tipe geomorfologi karst yang terbentuk pada Formasi Tokala adalah tipe Gunungsewu. Variasi morfologi karst pada daerah penelitian, terbagi atas dua yaitu; morfologi eksokarst yang terdiri atas Perbukitan Kerucut Karst Lasolo, Lembah Karst Lasolo, Lembah Doline Lasolo dan Ponor, sedangkan morfologi endokarst berupa goa dengan posisi mulut horizontal dan vertikal. Morfologi lorong goa pada daerah penelitian berupa *elliptical passage*, *rectangular passage*, lorong vertikal (*shaft*) dan *chambers* dengan ornament goa dari tipe *dripstone* dan tipe *flowstone* dengan variasi morfologi eksokarst dan endokarst. Tipe geomorfologi dan variasi morfologi karst pada daerah penelitian, penting untuk pengembangan potensi karst di Provinsi Sulawesi Tenggara terutama pengembangan geowisata karst.

Kata Kunci: Formasi Tokala, geomorfologi karst, tipe Gunungsewu, Eksokarst, Endokarst

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kawasan karst seluas 154.000 km^2 (15,4 juta hektare) dengan distribusi merata di seluruh wilayah nusantara, dari Pulau Sumatera hingga Papua. Berdasarkan peta sebaran karst yang dipublikasikan oleh University of Auckland, urutan luasan karst di Indonesia: Kalimantan (55.181,77 km^2), Papua (37.230,29 km^2), Sulawesi (22.991,28 km^2), Sumatera (8.806,45 km^2) dan Jawa (5292,9 km^2) [1].

Morfologi karst pada lengan tenggara Sulawesi, melampar di beberapa tempat secara terpisah. Salah satunya pada Formasi Tokala (TRJt), yang tersusun oleh jenis batu gamping, serpih, kalsilutit, napal, batusabak dan batupasir. Formasi ini diperkirakan berumur Trias-Jura Awal. Satuan ini dicirikan perbukitan kecil dengan sungai dibawah permukaan tanah (Surono, 2013) [2].

Lengan tenggara Sulawesi memiliki potensi karst yang besar untuk dikembangkan dan diketahui. Sehingga, penelitian mengenai karst di Sulawesi Tenggara khususnya di Kabupaten Konawe Utara perlu dilakukan, dengan harapan untuk mengetahui variasi morfologi karst dan tipe geomorfologi karst yang terdapat di daerah penelitian.

METODOLOGI

Lokasi penelitian terletak di Daerah Watukila, Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara (Gambar-1). Penelitian dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dan analisis laboratorium serta melalui interpretasi peta citra satelit atau peta topografi.

Studi Pendahuluan

Tahapan studi pendahuluan dilakukan dengan mengumpulkan literatur tentang geomorfologi dan karst. Selanjutnya dilakukan pengkajian geologi regional daerah penelitian, untuk memberikan informasi awal tentang daerah penelitian mengenai satuan morfologi, formasi yang menyusun serta struktur yang berkembang pada daerah penelitian, untuk digunakan sebagai data pendukung (data sekunder) pada tahapan berikutnya. Selanjutnya adalah perencanaan lintasan yang akan ditempuh dengan menggunakan citra satelit *Shuttle Radar Tophography Mission* (SRTM) serta perkiraan waktu yang dibutuhkan selama pengambilan data lapangan.

Pengambilan Data

Pengambilan data morfologi karst (morfometri dan morfografi) dilakukan melalui observasi dan pengukuran langsung di lapangan, maupun melalui interpretasi peta citra/peta topografi. Sedangkan pengambilan data morfogenesa (morfostruktur pasif) berupa data litologi dan data singkapan, dilakukan secara langsung di lapangan.

Analisis Dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan analisis dan pengolahan data di laboratorium dan studio. Analisis dan pengolahan data berdasarkan konsep-konsep geologi dan juga didukung dari studi referensi tentang topik terkait. Adapun analisis yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya:

Analisis Petrologi

Litologi pada singkapan yang di jumpai di lapangan, di deskripsi secara petrologi melalui pengamatan sampel batuan secara megaskopis. Deskripsi dan penamaan batuan di dasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) [3] untuk untuk batuan sedimen karbonat dan klasifikasi Wentworth (1922) [4] untuk batuan sedimen klastik. Analisis petrologi penting dilakukan untuk mengetahui batasan litologi dari Formasi Tokala yang di dominasi oleh batuan karbonat dan Formasi Meluhu yang di dominasi oleh batuan non-karbonat. Hasil dari analisis petrologi berupa peta litologi daerah penelitian. Persebaran batuan karbonat

dari Formasi Tokala dijadikan patokan persebaran kawasan karst pada saat analisis morfografi.

Analisis Petrografi

Analisis ini dilakukan melalui pengamatan secara mikroskopis menggunakan mikroskop polarisasi pada sayatan tipis (*Thin Section*) batuan sedimen karbonat di laboratorium. Dalam analisis petrografi, pengamatan batuan dilakukan secara rinci dan akurat untuk mengetahui porositas, komposisi dan persentase mineral atau material penyusun batuan serta jenis batuan, dimana penamaan batuannya di dasarkan pada klasifikasi Dunham (1962).

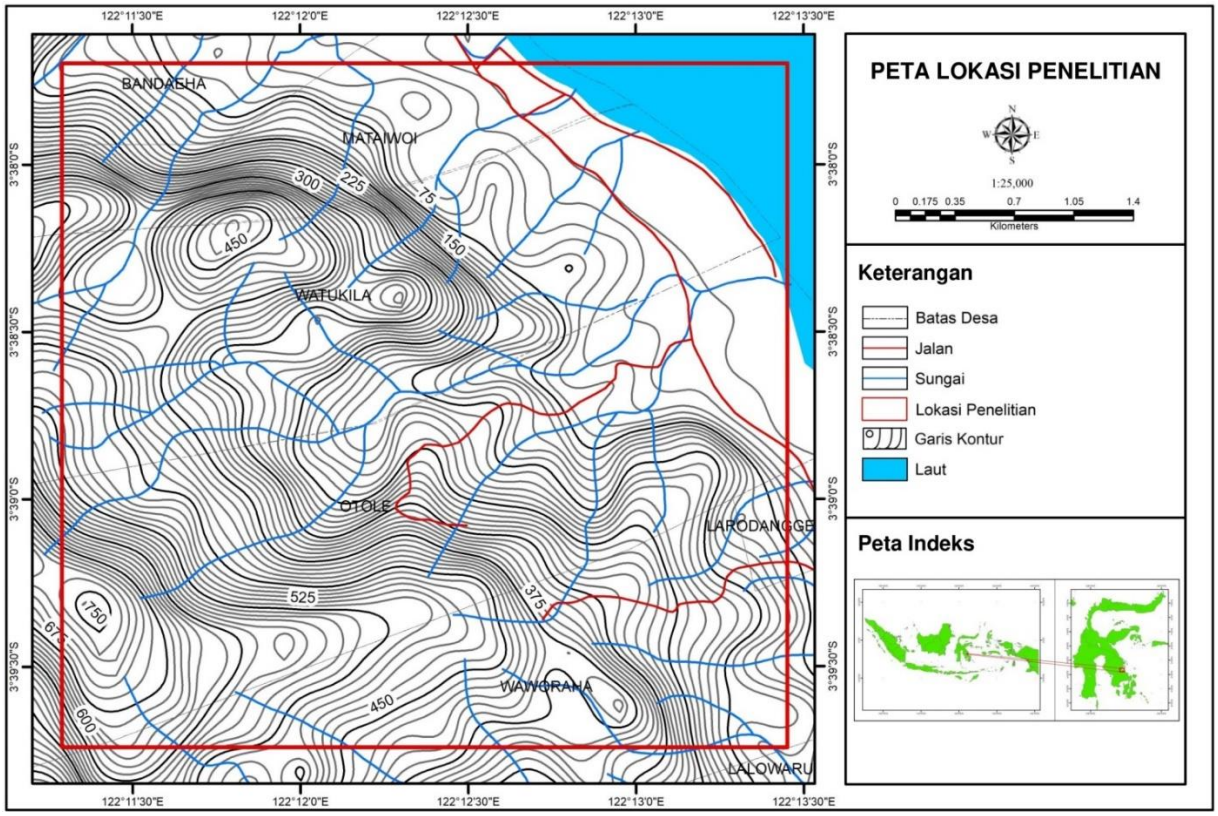
Analisis Morfologi

Analisis morfologi dilakukan melalui interpretasi peta citra/peta topografi (morfometri) dan melalui observasi dan pengukuran langsung di lapangan (morfografi).

Analisis morfometri dilakukan dengan pengolahan citra satelit *Shuttle Radar Tophography Mission* (SRTM) menggunakan aplikasi pengolah data spasial Arcview GIS 10.2. Melalui analisis ini didapatkan data berupa peta morfometri yang memuat aspek kuantitatif dari daerah penelitian yang di dasarkan pada klasifikasi Van Zuidam (1985) [5], seperti kemiringan lereng, ketinggian dan beda tinggi.

Analis*is Morfografi* dilakukan dengan observasi dan pengukuran langsung di lapangan bersamaan dengan pengambilan data litologi dan singkapan. Pemerian atau penamaan bentuklahan karst yang di jumpai di lapangan di dasarkan pada klasifikasi Bentuk Muka Bumi (BMB) (Bramantyo, 2006) [6]. Koordinat tiap-tiap bentuklahan karst yang di jumpai di lapangan, di plot ke dalam peta stasiun pengamatan bersamaan dengan data litologi.

Identifikasi doline pada daerah penelitian dilakukan setelah analisis morfografi, dengan membatasi/delineasi doline pada citra *Shuttle Radar Tophography Mission* (SRTM). Delineasi doline dilakukan dengan menghubungkan puncak-puncak bukit di sekitar cekungan/doline. Lembah-lembah kering yang bermuara ke doline didelineasi menjadi satu kesatuan dengan doline. Didapatkan data berupa peta delineasi doline.



Gambar-1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Litologi Daerah Penelitian

Litologi pada daerah penelitian berdasarkan hasil pengamatan litologi secara megaskopis pada singkapan di lapangan dan secara mikroskopis di laboratorium. litologi yang djumpai pada daerah penelitian terdiri atas batupasir halus, batugamping *mudstone* dan batugamping kristalin.

- **Batupasir Halus (Wentworth, 1922)**

Singkapan batupasir halus pada koordinat 122˚12’49”E 3˚39’41,8”S, memiliki dimensi panjang 4 meter dan tinggi 1,5 meter, dengan kedudukan N 130˚E/37˚ arah penggambaran N 112˚E (Gambar-2).

Sifat fisik berupa warna lapuk merah kecoklatan, warna segar berwarna kuning kecoklatan. Memiliki tekstur klastik dengan ukuran butir pasir halus, bentuk butir *well-rounded* dengan tingkat keseragaman atau sortasi ukuran butir butir *well-sorted*, sehingga kemas atau hubungan antar butir didalam satu masa dasar atau diantara semennya pada batuan ini tertutup. Litologi ini memiliki porositas yang buruk dengan fragmen berukuran pasir halus, matriks berukuran lanau dan semen berukuran lempung serta nampak mineral mica muscovite yang melembar. Struktur dari litologi adalah berlapis.

Gambar-2. Singkapan batupasir halus (Wentworth, 1922), pada koordinat 122˚12’49”E 3˚39’41,8”S dengan kedudukan N 130˚E/37˚

Gambar 3. Singkapan *mudstone* (Dunham, 1962) pada koordinat 122˚12’24.9”E 3˚38’42”S

- **Batugamping *Mudstone* (Dunham, 1962)**

Deskripsi Petrologi (Megaskopis)

Singkapan batugamping *mudstone* pada koordinat 122˚12’24.9”E 3˚38’42”S, memiliki dimensi panjang 5 meter dan tinggi 2 meter (Gambar-3). Memiliki warna lapuk coklat keabuan dan warna segar berwarna hitam keabuan. Litologi ini bersifat karbonatan, dengan komposisi mineral berupa dominasi kalsit ($CaCO_3$). Memiliki tekstur *mud supported*, yang mengandung kurang dari 10% *grain.*

Deskripsi Petrografi (Mikroskopis)

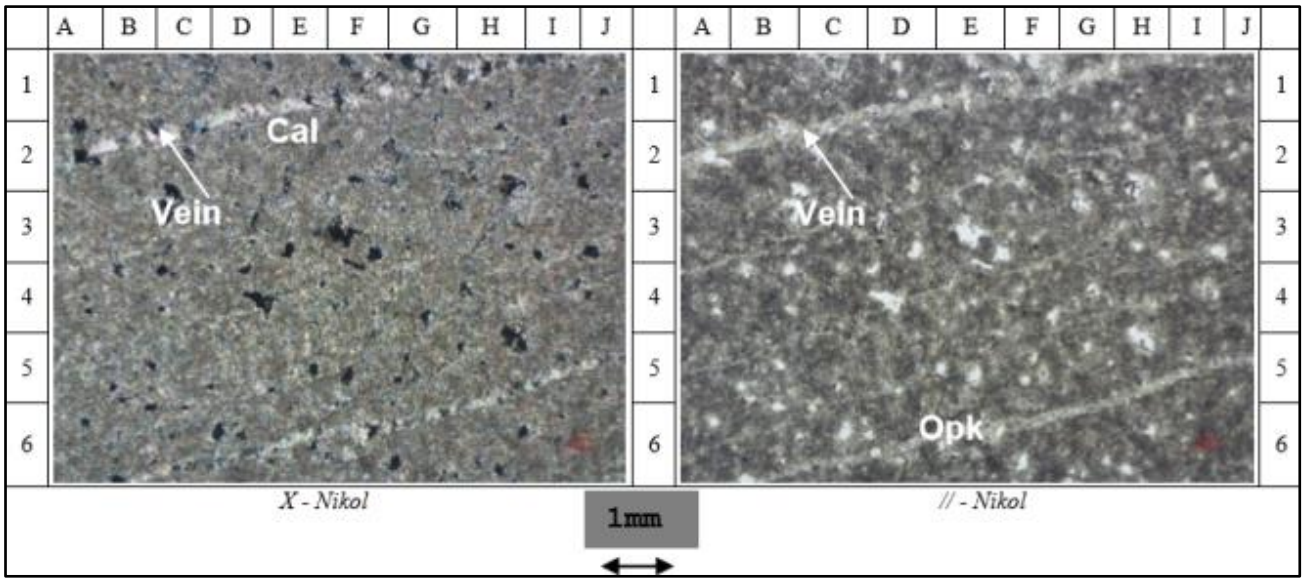
Analisis petrografi batugamping *mudstone* pada salah satu sayatan dengan nomor M/ST 8 (Gambar-4), memiliki kenampakan mikroskopis berupa warna absorbsi sedang dengan warna interferensi abu-abu kehitaman, terdiri atas mineral kalsit, vein, mineral opak serta material mikrit dan sparit karbonat.

Mineral kalsit dengan jumlah persentase 61%, memiliki warna interferensi putih dan warna absorsi putih, bentuk mineral anhedral dengan ukuran mineral 0,012-0,03 mm. Indeks bias Nm > Ncb, belahan 2 arah, pecahan tidak ada, relief rendah. Sudut gelapan 35˚, jenis gelapan miring. Material mikrit dengan jumlah persentase 14%, memiliki warna pada nikol sejajar kuning kecoklatan, warna pada nikol silang putih kecoklatan, ukuran lebih besar dari ukuran semen dan memiliki komposisi karbonat. Material sparit dengan jumlah persentase 10%, memiliki warna pada nikol sejajar kekuningan, warna pada nikol silang abu-abu kehitaman, ukuran sangat halus berkomposisi karbonat. Mineral opak dengan jumlah persentase 5%, berwarna hitam dengan relief tinggi dan ukuran mineral 0,01 mm. Vein silika dengan warna interferensi putih yang mengisi rekahan-rekahan pada batuan dengan jumlah persentase 10%.

- **Batugamping Kristalin**

Deskripsi Petrologi (Megaskopis)

Singkapan batugamping kristalin pada koordinat 122˚12’17.2”E 3˚39’59”S, memiliki dimensi panjang 4 meter dan tinggi 1 meter (Gambar-5). Memiliki warna segar hitam keabuan dan warna lapuk coklat keabuan. Litologi ini bersifat karbonatan bertekstur kristalin, dengan komposisi mineral berupa dominasi kalsit ($CaCO_3$).



Gambar-4. Sayatan tipis *mudstone* (Dunham, 1962).

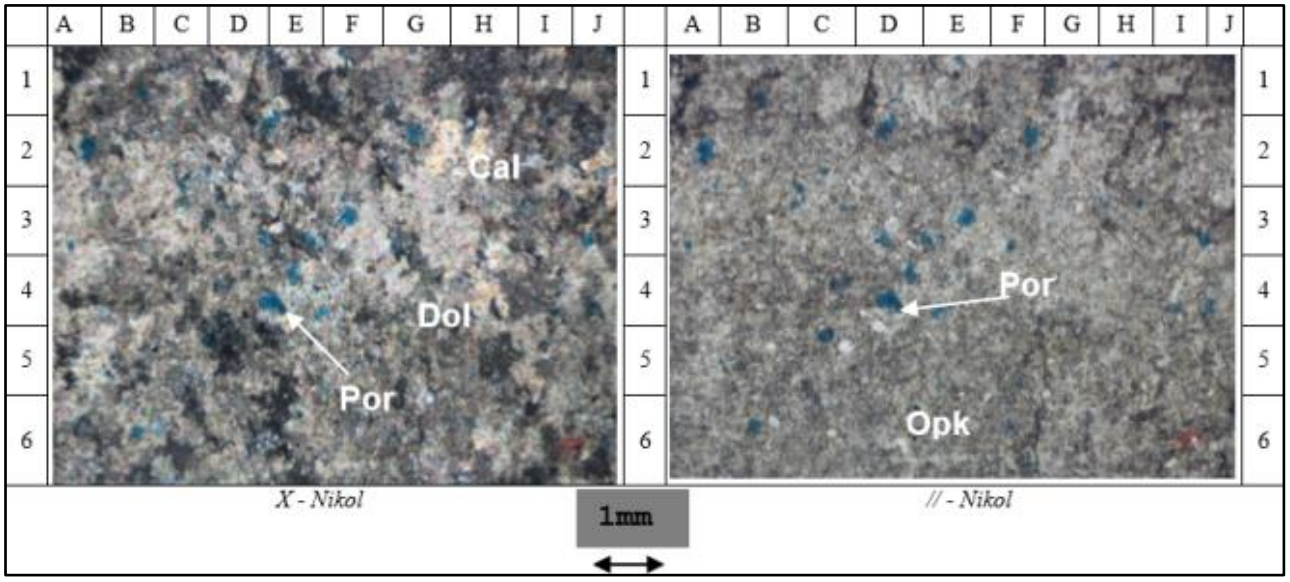
Gambar-5. Singkapan batugamping kristalin (Dunham, 1962) pada koordinat 122˚12’17.2”E 3˚39’59”S

Deskripsi Petrografi (Mikroskopis)

Analisis petrografi batugamping kristalin pada salah satu sayatan dengan nomor M/ST 2 (Gambar-6), memiliki kenampakan mikroskopis dengan warna absorbsi sedang dengan warna interferensi abu-abu kehitaman tekstur non-klastik, struktur masif, terdiri atas mineral Kalsit, Dolomit, mineral Opak serta material mikrit dan sparit karbonat.

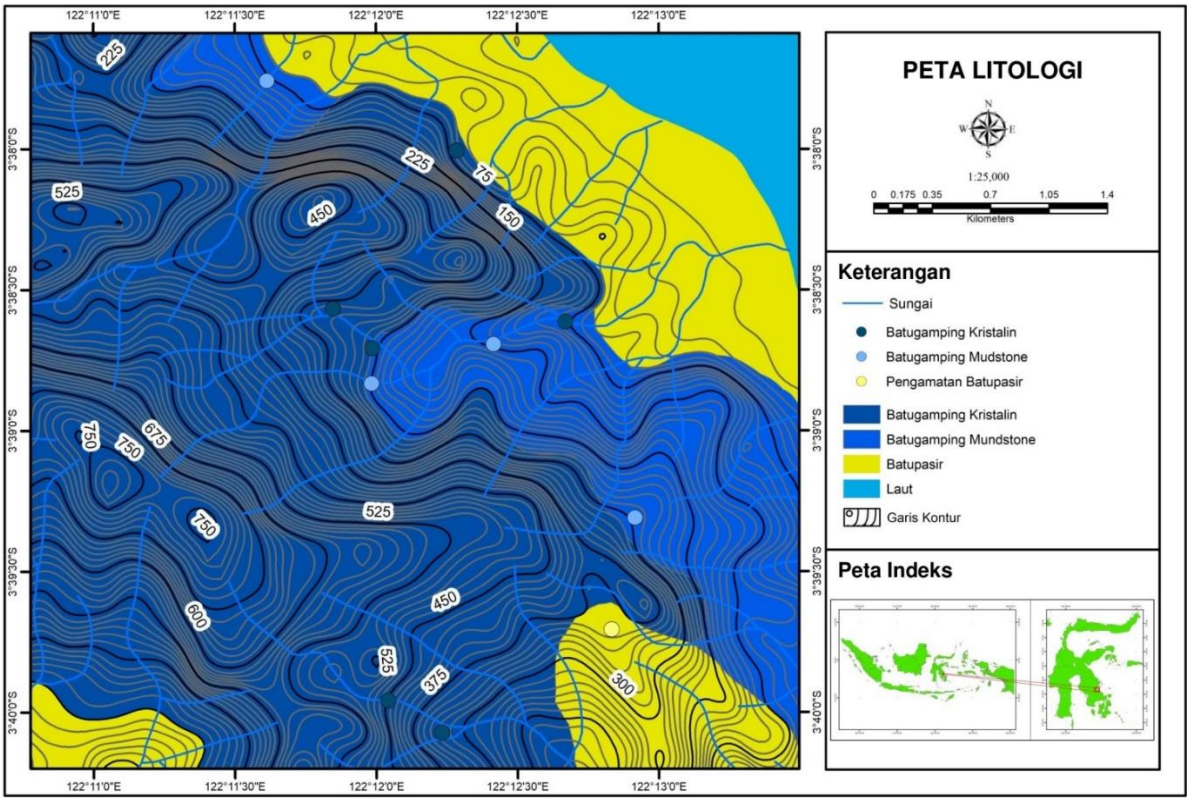
Mineral Kalsit dengan jumlah persentase 50% memiliki warna interferensi putih dan warna absorsi kuning, bentuk mineral anhedral dengan ukuran mineral 0,03-0,07 mm. Indeks bias Nm > Ncb, belahan 2 arah, pecahan tidak ada, relief rendah. Sudut gelapan 36°, jenis gelapan miring. Mineral Dolomit dengan jumlah persentase 17% memiliki warna interferensi abu-abu dan warna absorsi putih, bentuk mineral subhedral dengan ukuran mineral 0,37-0,05 mm, tidak memiliki belahan, pecahan tidak ada, relief rendah. Material mikrit dengan jumlah persentase 11% memiliki warna pada nikol sejajar kuning kecoklatan, warna pada nikol silang putih kecoklatan, ukuran lebih besar dari ukuran semen dan memiliki komposisi karbonat. Material sparit dengan jumlah persentase 8% memiliki warna pada nikol sejajar kekuningan, warna pada nikol silang abu-abu kehitaman, ukuran sangat halus berkomposisi karbonat. Serta mineral Opak dengan jumlah persentase 4% berwarna hitam dengan relief tinggi dan ukuran mineral 0,01 mm.

Pengamatan pada nikol silang dan nikol sejajar dengan perbesaran 50x terlihat cairan berwarna biru *(blue dye)* yang mengisi ruang kosong pada batuan yang menandakan bahwa batuan tersebut memiliki porositas. Berdasarkan diagram klasifikasi utama dari tipe porositas *fabric selective, not fabric selective dan fabric selective or not* [7], batuan ini memiliki porositas (10%), yaitu porositas vug yang berbentuk lubang-lubang kecil akibat proses pelarutan seperti gerowong.



Gambar-6. Sayatan tipis batugamping kristalin (Dunham, 1962).

Peta sebaran litologi pada daerah penelitian yang terdiri dari batupasir halus dengan tekstur klastik dengan ukuran butir pasir halus; batugamping mudstone yang bersifat karbonatan; serta batugamping kristalin bersifat karbonatan bertekstur kristalin dapat dilihat pada Gambar-7.



Gambar-7. Peta sebaran litologi.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Morfologi karst yang dijumpai pada daerah penelitian secara umum terbagi atas dua yaitu morfologi eksokarst dan morfologi endokarst. Morfologi eksokarst merupakan bentuklahan karst yang terdapat di atas permukaan, sedangkan morfologi endokarst atau bentuklahan karst yang terbentuk di bawah permukaan.

- **Morfologi Eksokarst**

Terdapat dua morfologi eksokarst yang dijumpai pada daerah penelitian, yaitu bentuklahan karst positif berupa perbukitan tinggi kerucut karst Lasolo dan perbukitan kerucut karst Lasolo; serta bentuklahan karst negatif yang meliputi, lembah karst (lembah kering dan lembah saku) ponor dan doline.

Perbukitan Tinggi Pepino Lasolo

Satuan perbukitan tinggi pepino Lasolo merupakan morfologi eksokarst sisa pelarutan pada batugamping kristalin yang lebih resisten, sehingga menghasilkan morfologi eksokarst positif, yang cenderung naik terhadap permukaan rata-rata daerah penelitian. Terletak pada ketinggian 500 mdpl sampai dengan puncak tertinggi pada ketinggian 787,5 mdpl yang berbentuk kerucut memanjang atau dikenal sebagai pepino, dengan kemiringan lereng, miring (4-15%) sampai sangat curam (70-140%) atau mendekati vertikal pada beberapa tempat. Satuan ini memiliki luas 419,37 Ha atau 15,13% dari luas area penelitian berdasarkan perhitungan luas area pada software Arcview GIS 10.2.

Berdasarkan perhitungan rasio antara diameter bukit karst dengan tinggi bukit karst, Perbukitan tinggi pepino Lasolo menurut klasifikasi Balazs (1973) [8], termasuk kedalam tipe Gunungsewu. Perbukitan tinggi pepino Lasolo dapat dilihat pada Gambar-8.

Gambar-8. Perbukitan tinggi pepino Lasolo pada koordinat 122˚12’49”E 3˚39’41.8”S

Perbukitan Pepino Karst Lasolo

Satuan perbukitan pepino Lasolo merupakan morfologi eksokarst sisa pelarutan pada batugamping yang dominan tersusun atas batugamping kristalin yang lebih resisten dan sebagian batugamping mudstone, sehingga menghasilkan morfologi eksokarst positif yang unik, berupa bukit-bukit berbentuk kerucut memanjang atau dikenal sebagai pepino, yang sambung menyambung pada ketinggian 200 mdpl sampai dengan puncak tertinggi pada ketinggian 537,5 mdpl. Memiliki lereng curam (30-70%) sampai sangat curam (70-140%) atau mendekati vertikal pada beberapa tempat. Satuan ini memiliki luas ±953,84 Ha atau mencapai hingga ±34,40% dari luas area penelitian berdasarkan perhitungan luas area pada software Arcview GIS 10.2.

Berdasarkan perhitungan rasio antara diameter bukit karst dengan tinggi bukit karst, Perbukitan pepino Lasolo menurut klasifikasi Balazs (1973), termasuk kedalam tipe Gunungsewu. Perbukitan pepino karst Lasolo dapat dilihat pada Gambar-9.

Gambar-9. Perbukitan pepino Lasolo pada koordinat 122˚12’25.9”E 3˚37’39.5”S

Lembah Karst Lasolo

Lembah karst Lasolo merupakan morfologi eksokarst negatif yang terbentuk oleh kombinasi antara proses pelarutan dan fluvial, pada batugamping yang lebih lemah dibanding batugamping penyusun perbukitan karst, yaitu batugamping *mudstone* dan batugamping kristalin yang berporositas sekunder. Sehingga, menghasilkan morfologi eksokarst negatif, yang cenderung turun terhadap permukaan rata-rata daerah penelitian. Satuan ini menempati luas ±798,78 Ha atau mencapai hingga ±28,81% dari luas area penelitian dengan bentuk yang membintang.

Terdapat dua bentukan lembah karst yang dijumpai pada daerah penelitian, yaitu lembah kering (Gambar-10). Lembah kering merupakan lembah di kawasan karst yang kering dan hanya teraliri ketika terjadi banjir, bentukan yang paling umum ditemui di daerah penelitian adalah sungai episodik.

Gambar-10. Lembah kering pada koordinat 122˚12’17.5”E 3˚40’04.5”S

Adapun lembah saku (Gambar-11) merupakan lembah yang terbentuk ketika sistem aliran bawah tanah di kawasan karst muncul ke permukaan pada bagian hulu dari sebuah lembah.

Ponor

Ponor merupakan morfologi eksokarst negatif hasil pelarutan batuan karbonatan yang mudah larut. Menurut Field (1999)[9] ponor adalah sebuah lubang atau bukaan pada dasar atau sisi sebuah cekungan yang menjadi tempat masuknya air (sebagian atau seluruhnya) dari sungai permukaan atau danau ke dalam sistem air tanah karst. Ponor-ponor pada daerah penelitian dijumpai pada dasar atau sisi doline, salah satunya dapat dilihat pada Gambar-12**.**

Gambar-11. Lembah saku pada koordinat 122˚12’30.9”E 3˚40’1”S

Gambar-12. Ponor pada koordinat 122˚12’47.7”E 3˚39’30.2”S.

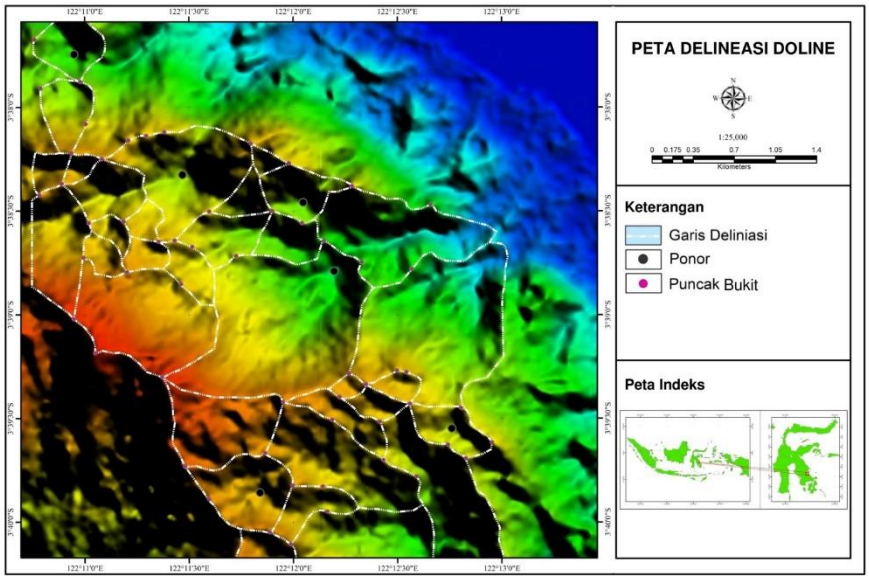
Lembah Doline Lasolo

Doline merupakan morfologi eksokarst negatif berbentuk cekungan tertutup yang membulat atau lonjong, dengan ukuran beberapa meter hingga lebih kurang satu kilometer (Ford dan Williams, 1992)[10]. Secara umum, terdapat dua mekanisme pembentukan doline, yakni (1) melalui pelarutan batuan induk pada bagian-bagian mudah larut (kekar, konsentrasi kekar, konsentrasi mineral mudah larut, bidang perlapisan) kemudian membentuk cekungan atau (2) runtuhnya bagian atap gua yang mengakibatkannya turunnya permukaan lahan di atasnya yang kemudian membentuk cekungan (Haryono dkk, 2016)[11].

Lembah doline Lasolo tidak di genangi oleh air permukaan, yang disebabkan oleh keberadaan ponor pada dasar atau sisi dari doline-doline tersebut. Sehingga, tidak dijumpai bentukan danau atau telaga karst di daerah penelitian, yang dapat di amati secara langsung di lapangan. Oleh karena itu, identifikasi doline pada daerah penelitian dilakukan melalui delineasi doline pada citra *Shuttle Radar Tophography Mission* (SRTM) dapat dilihat pada Gambar-13.

Delineasi atau pembatasan doline dilakukan dengan menghubungkan puncak-puncak bukit di sekitar cekungan. Lembah-lembah kering yang bermuara ke doline didelineasi menjadi satu kesatuan dengan doline, membentuk area delineasi yang tertutup. Sehingga, tidak semua area delineasi tertutup merupakan bagian dari doline dan tidak semuanya memiliki doline di dalamnya, hanya area delineasi dengan kontur tertutup (cekungan tertutup) pada tengah atau sisi area delineasi.

Dari hasil delineasi, dijumpai enam doline dengan berbagai ukuran yang tersebar diantara perbukitan pepino karst dan lembah karst pada daerah penelitian, dengan luas total ±14,97 Ha atau ±0,54%.



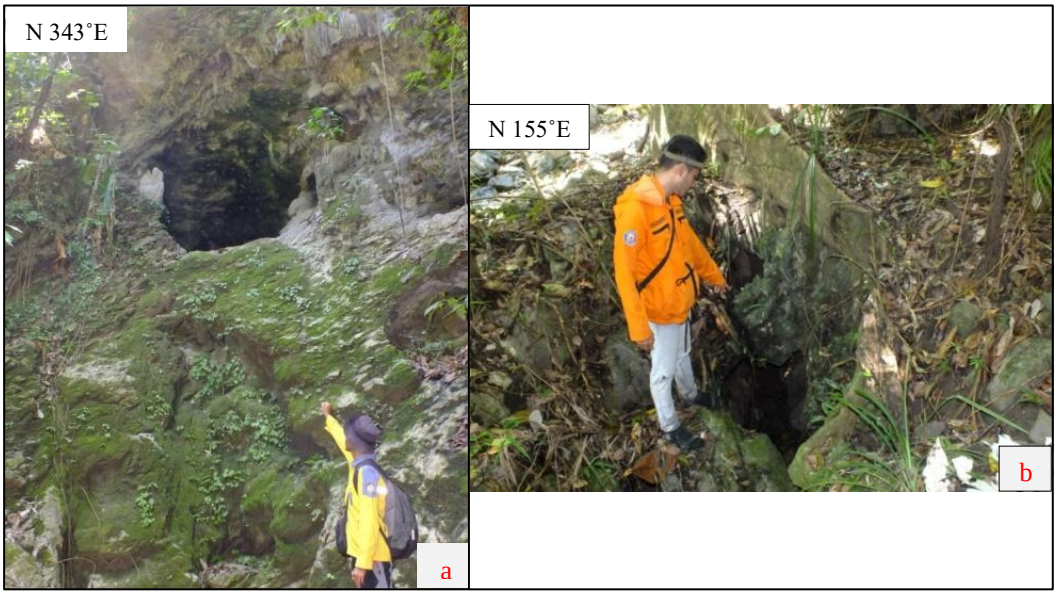
Gambar-13. Peta delineasi doline.

- **Morfologi Endokarst**

Identifikasi morfologi endokarst pada daerah penelitian melalui analisis morfografi dilakukan dengan observasi langsung di lapangan, dijumpai bentangalam karst bawah permukaan berupa goa di Desa Watukila dan Desa Larodangge Kecamatan Lasolo. Morfologi gua atau *speleomorphology* yang diamati pada daerah penelitian adalah posisi mulut goa, morfologi lorong dan ornament goa.

Mulut Goa

Goa pada daerah penelitian berdasarkan posisi mulut goa dibagi menjadi dua macam yaitu: goa horizontal (Gambar-14a) dan goa vertikal (Gambar-14b). Goa horizontal memiliki mulut/pintu masuk menuju lorong yang memanjang secara horizontal, berupa lorong sungai bawahtanah (freatik) dan lorong fosil yang kering (vadose). Sedangkan goa vertikal memiliki bentukan mulut/pintu masuk berupa lorong yang relatif vertikal (tegak lurus terhadap bidang horizontal).



Gambar 14. Mulut goa (a) horizontal pada koordinat 122˚13’28.9”E 3˚38’54.6”S dan (b) vertikal pada koordinat 122˚11’44.8”E 3˚38’31.5”S di Desa Larodangge, Kecamatan Lasolo.

Morfologi Lorong Goa

Perkembangan lorong gua pada daerah penelitian terjadi karena perubahan kondisi, dari kondisi freatik (sungai bawahtanah) menjadi kondisi vadose (lorong fosil). Penamaan morfologi gua pada daerah penelitian berdasarkan [12] berupa *elliptical passage, rectangular passage,* lorong vertikal (*shaft*), dan *chambers.*

Elliptical passage merupakan tipe lorong dengan bentuk yang cenderung membulat. Pada daerah penelitian, lorong ini berada pada kondisi freatik (ketika terjadi banjir). Terdapat material sedimen berupa pasir berbagai ukuran pada beberapa lorong goa yang tertransportasi oleh aliran sungai bawahtanah. *Elliptical passage* pada daerah

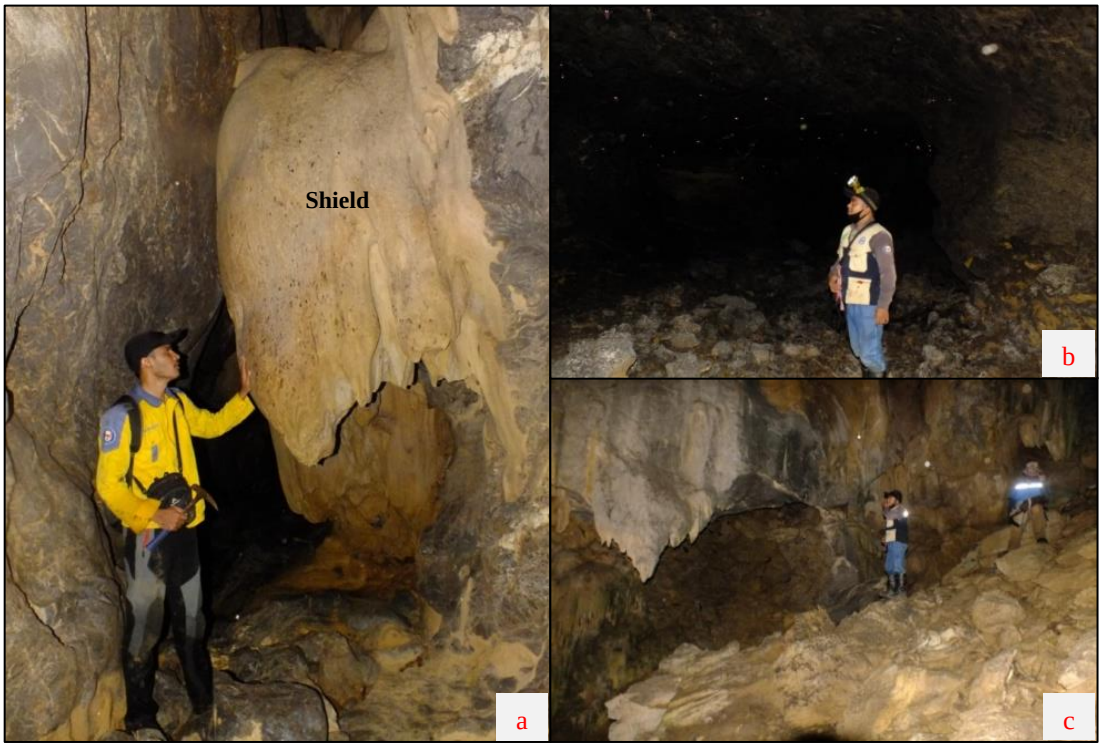
penelitian di dasarkan pada klasifikasi Sweeting (1972) [13] berdasarkan kontrol hidraulik pada kondisi freatik, terbagi atas; melingkar (Gambar-15a), ellipsoid (Gambar-15b), dan laminer (Gambar-15c). Bentukan melingkar memiliki lebar dan tinggi lorong goa yang hampir sama. Bentukan elipsoid memiliki lebar antara dinding kiri dan kanan yang sedikit lebih panjang daripada tinggi atap gua. Sedangkan bentukan akibat aliran laminer memiliki lebar antara dinding kiri dan kanan yang lebih besar daripada tinggi atap gua.

Gambar-15. *Elliptical passage* (a) melingkar, (b) ellipsoid dan (c) laminer pada lorong goa horizontal di Desa Larodangge, Kecamatan Lasolo.

Lorong vertikal (*shaft*) (Gambar-16a) merupakan kenampakan lorong goa dengan jarak antara atap dan lantai goa lebih tinggi dibanding jarak antar dinding kiri dan kanan. Terbentuk dari hasil pelarutan air pada kawasan epikarst yang mengalir secara vertikal, dengan aliran yang cepat pada kondisi vadose. Faktor dominan yang mempengaruhi adanya lorong vertikal adalah faktor tektonik. Goa vertikal merupakan bentukan lebih lanjut dari *shaft*, bila atap pada lorong vertikal runtuh atau larut.

Rectangular passage (Gambar-16b) memiliki bentuk yang cenderung menyudut membentuk lorong segi empat. Terbentuk akibat pengaruh kondisi tektonik baik adanya tekanan maupun tegasan, yang menghasilkan runtuhan batuan di lantai gua.

Chambers (Gambar-16c) merupakan ruangan/lorong dalam tanah yang memiliki dimensi yang besar (Monroe, 1970) [14]. Secara umum ruangan yang terbentuk di daerah penelitian merupakan bagian lorong dalam goa yang memiliki ukuran lebar dan luas di atas rata-rata ukuran lorong goa, dengan material runtuhan pada lantai goa.



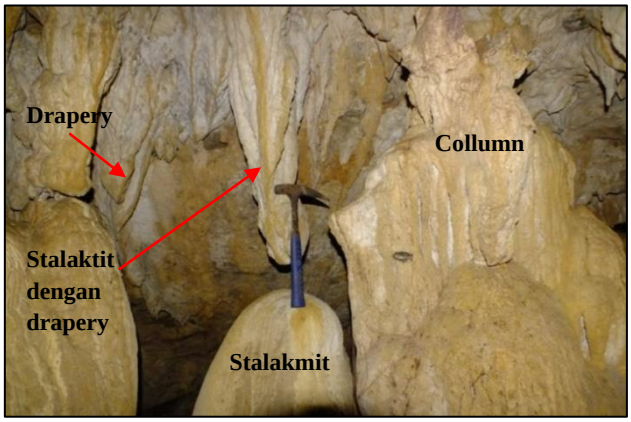
Gambar-16. (a) Lorong vertikal, (b) *Rectangular passage* dan (c) *Chambers* pada goa horizontal di Desa Larodangge, Kecamatan Lasolo.

Ornament Goa

Ornament gua atau disebut dengan *speleothem* merupakan bentukan pada lorong gua sebagai hasil dari proses pelarutan dan pengendapan mineral kalsit oleh aliran air (Haryono dkk, 2016). Pada daerah penelitian, ornament yang "menghiasi" lorong goa terbagi atas dua tipe, yaitu tipe *dripstone* dan tipe *flowstone.*

a) Tipe *dripstone* terbentuk akibat tetesan air vadose yang mengandung larutan mineral kalsit, berupa; stalaktit, stalakmit dan column yang dapat dilihat pada Gambar-17.

- Stalaktit memiliki bentuk memanjang dan meruncing ke bawah, menempel pada atap gua. Ini terjadi karena air yang mengandung larut yang tinggi menetes melalui celah rekah pada lorong gua.

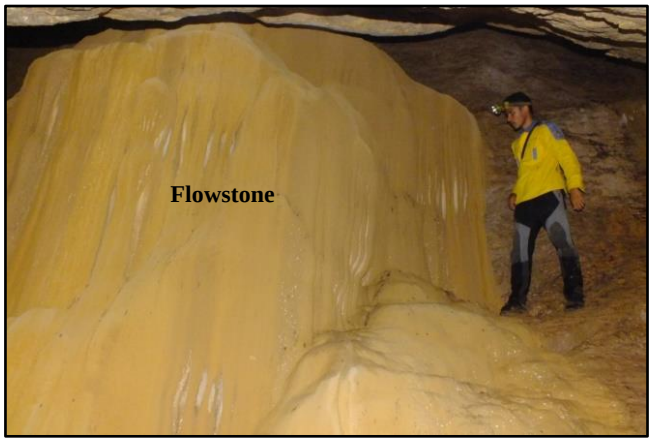


Gambar-17. Ornament dalam lorong goa berupa; stalaktit, stalakmit, *column*, stalaktit dengan *drapery* dan *drapery*

- Stalakmit terbentuk dari proses terjadinya stalaktit. Ketika air menetes jatuh ke lantai gua, terjadi penguapan air, maka timbul penumpukkan larutan kapur yang membentuk kerucut memanjang dan meruncing ke atas.
- *Collumn* bisa terbentuk bila stalakmit dan stalaktit bersatu membentuk sebuah dekorasi tersendiri.

b) Tipe *flowstone* terbentuk akibat aliran air vadose melalui atap dan dinding lorong gua. Aliran air ini dapat mengalir pada celah rekah batuan maupun pada bidang perlapisan, berupa; *flowstone*, *shield* dan *drapery.*

- *Flowstone* (Gambar-18) terbentuk akibat aliran air vadose melalui celah pada atap dan dinding goa melalui *drapery*.



Gambar-18. Ornament goa *flowstone* pada lantai goa.

- *Shields* (Gambar-19) berbentuk oval atau melingkar, dengan diameter hingga 3 m, terbentuk karena adanya retakan pada bidang batuan.
- *Drapery* (Gambar-19) terbentuk melalui celah vertikal *(joint)* yang memiliki bentukan seperti lembaran yang terlipat, menggantung di atap atau dinding gua.

Gambar-19. Ornament goa *shield* dan *drapery* pada dinding goa

Pengamatan morfologi eksokarst dan endokarst melalui analisis morfografi, dilakukan dengan observasi langsung di lapangan, dengan koordinat tiap stasiun bentuklahan karst yang dijumpai pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar-20.

Pembagian geomorfologi karst daerah penelitian didasarkan pada analisis morfometri yang memuat aspek kuantitatif dari daerah penelitian dan di dasarkan pada klasifikasi Van Zuidam (1985) dan analisis morfografi yang memuat aspek kualitatif bentangalam karst yang di jumpai di lapangan dengan penamaan yang didasarkan pada klasifikasi Bentuk Muka Bumi (BMB) (Bramantyo, 2006), serta aspek morfogenesa (morfostruktur pasif) melalui analisis petrologi dan petrografi yang didasarkan pada klasifikasi Dunham (1962) untuk untuk batuan sedimen non-klastik dan klasifikasi Wentworth (1922) untuk batuan sedimen klastik. Peta geomorfologi karst pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar-21**.**

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai geomorfologi karst daerah Watukila dan sekitarnya Kecamatan Lasolo Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara, dapat disimpulkan:

1. Tipe geomorfologi karst pada daerah penelitian termasuk kedalam tipe Gunungsewu atau dikenal sebagai bukit pepino.
2. Variasi morfologi karst pada daerah penelitian, secara umum terbagi atas dua yaitu; Morfologi eksokarst yang terdiri atas Perbukitan Kerucut Karst Lasolo, Lembah Karst Lasolo, Lembah Doline Lasolo dan Ponor. Sedangkan morfologi endokarst berupa goa dengan posisi mulut horizontal dan vertikal. Morfologi lorong goa pada daerah penelitian berupa *elliptical passage*, *rectangular passage*, lorong vertikal (*shaft*) dan *chambers* dengan ornament goa dari tipe *dripstone* dan tipe *flowstone.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima yang sangat tulus penulis ucapkan kepada pemerintah Kabupaten Konawe Utara yang telah mengizinkan pelaksanaan penelitian ini, sehingga dapat terlaksana dengan baik dan tanpa kendala. Ucapan terima kasih kasih juga penulis ucapkan kepada Laboratorium Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin (UNHAS), Makssar atas izin akses laboratorium untuk analisis petrografi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Falah, A.B.R. dkk., 2017. *Karst Jawa Sebagai Ruang Hidup dan Ancamannya*. Indonesian Speleological Society.

[2] Surono. 2013. *Geology and Origin of The Southeast Sulawesi Continental Terrane, Indonesia*. Badan Geologi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.

[3] Dunham, R.J., 1962. *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture*. American Association of Petroleum Geologist Memoir 1,. 108 – 121.

[4] Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, *30*(5), 377-392.

[5] Van Zuidam, RA and Cancelado, F.I. Van Z. 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC. Smits Publishers. The Hague

[6] Brahmantyo, B., dan Bandono. 2006. *Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Pemetaan Ruang*. Jurnal Geoaplikasi, 1(2), hal. 71-78

[7] Choquette, P.W. and Pray, L.C. 1970. *Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 54, 207-250.

[8] Balázs, D., 1986. *Kína Karsztvidékei (Karst Regions in China). Karszt és Barlang*, II:123–132

[9] Field, M.S. 1999. *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*, Washington DC: US Environmental Protection Agency

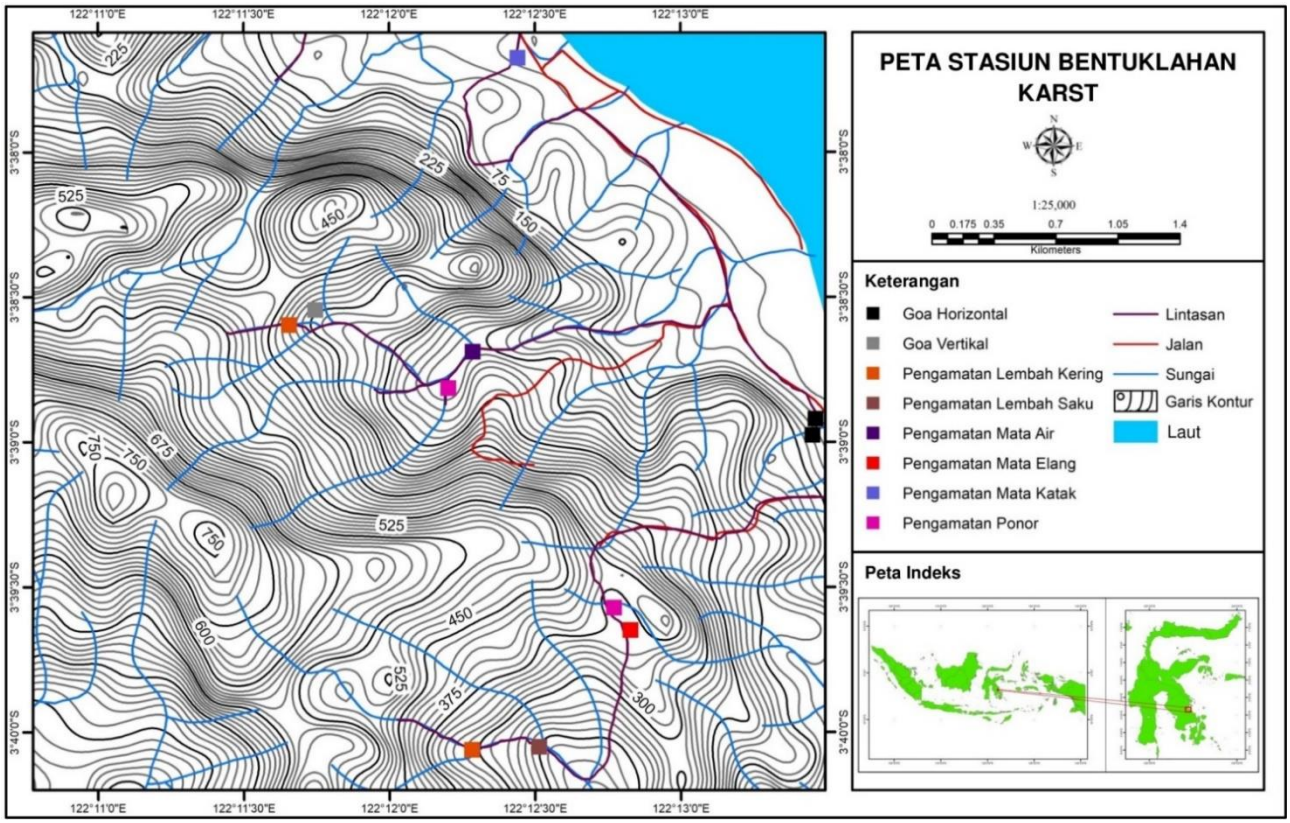
[10] Ford D.C. dan Williams P.W. 1992. *Karst Hydrogeology and Geomophology*. Chapman and Hall, London.

[11] Haryono, E. dkk., 2016. *Pedoman Praktis Survey Terintegrasi Kawasan Karst.* Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi UGM.

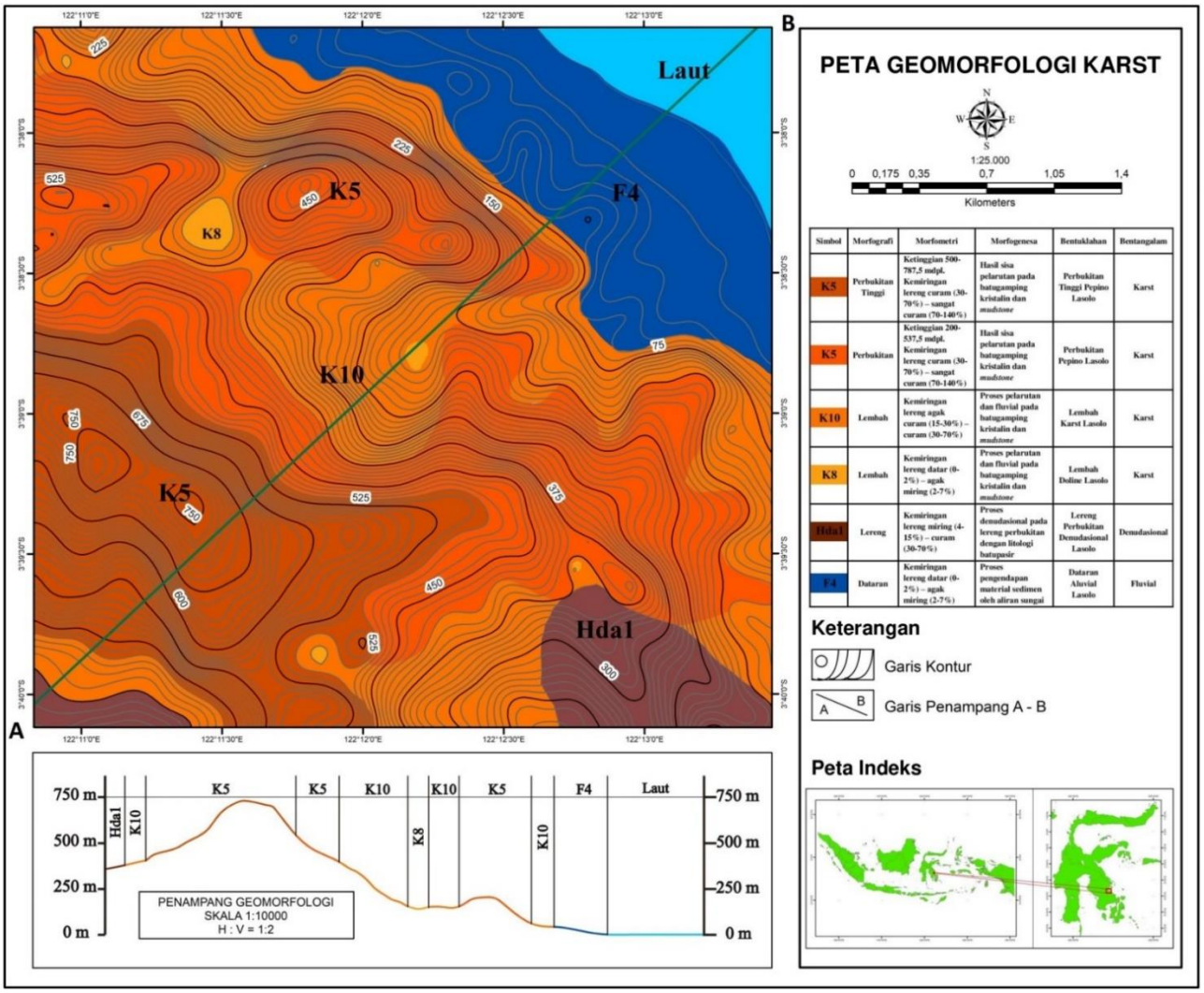
[12] Bogli, A. 1980. *Karst Hidrology and Phycical Speleology*. Berlin Heidelberg New York. Springer-Verlag.

[13] Sweeting, M.M. 1972. *Karst Landforms*. London: Macmillan.

[14] Monroe, W, H. 1970. *A Glossary of Karst Terminology*. Washington: Geological Survey



Gambar-20. Peta stasiun bentuklahan karst.



Gambar-21. Peta geomorfologi karst.