

## STUDI GEOLOGIKARST SEBAGAI KAWASAN LINDUNG GEOLOGI DI KABUPATEN MUNA DAN KABUPATEN MUNA BARAT

*Winarno<sup>1)</sup>, Muh Tufaila Hemon<sup>2)</sup>, La Ode Ngkoimani<sup>3)</sup>*

<sup>1)</sup> Program Studi Perencanaan Wilayah Pascasarjana UHO

<sup>2)</sup> Fakultas Pertanian UHO

<sup>3)</sup> Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan UHO

### ABSTACT

Geological Study of Karst as Geological Protected Area in Muna and west of Muna Regency (Supervised by Muh Tufaila Hemon, as Supervisor and La Ode Ngkoimani, as Co-Supervisor). Muna and West of Muna Regency had unique karst potential as a geological protected area scattered in the Muna Island karst area. The importance of placement Geological protected areas in Muna Regency and West Muna Regency are caused by land use in karst areas that had the potential to disrupt sustainability karst and rules for the placement of protected areas in spatial structuring. This research was conducted to (1) identify and describe the geological condition of karst in Muna and West of Muna Regency (2) Describe the components of the region and the level of karst density as a consideration for determining geological protected area in Muna and West of Muna regency (3) Describe the formulation of the karst area in spatial structuring in Muna and West of Muna Regency. This research was conducted with did of geological studied and created a grid with an area of 1 km x 1 km in the study area in Muna and West of Muna Regency and quantifying karst component on each grid to obtain level of Karst as a reference in determining geological protected areas. The results showed that the area had karst resources such as karst hills, pond (lake), Dolina and Uvala, permanent springs, karst cave (dry and wet) and groundwater potential. Analysis of karst density in the study area showed that the level of karst in the researching area was in the Level III category so that this area need to be regulated as local protection in Muna and West of Muna Regency

### ABSTRAK

Studi Geologi Karst Sebagai Kawasan Lindung Geologi Di Kabupaten Muna Dan Kabupaten Muna Barat (Dibimbing oleh **Muh Tufaila Hemon**, sebagai Pembimbing I dan **La Ode Ngkoimani**, Sebagai Pembimbing II )Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat memiliki keunikan karst yang berpotensi sebagai kawasan lindung geologi tersebar di Kawasan karst Pulau Muna. Pentingnya penempatan Kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat disebabkan oleh pemanfaatan lahan pada kawasan karst yang berpotensi mengganggu kelestarian karst dan aturan penempatan kawasan lindung dalam penataan ruang Penelitian ini dilakukan untuk (1) Mengidentifikasi dan mendeskripsikan kondisi geologi karst di Kabupaten Muna Kabupaten Muna Barat (2) Mendeskripsikan komponen kawasan dan tingkat kerapatan karst sebagai pertimbangan penentuan kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna Kabupaten Muna Barat (3) Menggambarkan rumusan pengembangan kawasan karst dalam penataan ruang di Kabupaten Muna Kabupaten Muna Barat. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi geologi dan membuat grid dengan luasan 1 km x 1 km pada wilayah penelitian di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat serta mengkuatifikasi komponen karst pada setiap grid untuk mendapatkan kelas karst sebagai acuan dalam penentuan kawasan lindung geologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wila-

yah penelitian memiliki sumberdaya karst berupa bukit karst, telaga (danau), dolina dan uvala, mata air permanen, gua karst (kering dan berair) serta potensi air tanah. Analisis kerapatan karst wilayah penelitian menunjukkan bahwa kelas karst pada wilayah penelitian berada pada kategori kelas III sehingga kawasan ini perlu diatur sebagai perlindungan lokal dan setempat di Kabupaten Muna Dan Kabuapten Muna Barat

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kawasan karst merupakan sumberdaya alam non hayati yang tidak dapat diperbaharui karena proses pelarutan dan pembentukannya membutuhkan waktu ribuan tahun bahkan jutaan tahun. Karakteristik khas yang ada pada kawasan karst adalah salah satu penciri proses geologi yang bekerja pada kawasan karst. Kawasan karst yang memiliki bentang alam unik ini diakibatkan oleh proses karstifikasi yaitu suatu proses pembentukan bentang lahan karst yang disebabkan oleh proses pelarutan. Akibat proses karstifikasi tersebut, dapat menghasilkan bentang alam karst yang berbeda beda pada setiap daerah yang berpotensi karst.

Kawasan karst nusantara cukup luas yang tersebar pada beberapa kepulauan besar hingga kecil di Indonesia. Kabupaten Muna merupakan salah satu kawasan potensi karst yang didukung oleh batu gamping yang menyusun pulau tersebut. Hal ini dapat terlihat pada tebing tebing batu gamping di sepanjang pantai timur Pulau Muna. Keberadaan batu gamping Pulau Muna juga diketahui setelah beberapa peneliti karst Indonesia melakukan pengklasifikasian nilai strategis kawasan karst yang hasilnya yaitu beberapa objek dalam kawasan karst Pulau Muna memiliki nilai dalam aspek Pariwisata (Samudra, 2001).

Keunikan karst yang sebagian besar sebagai objek pariwisata juga berfungsi sebagai sarana kepentingan sosial pada masyarakat muna. Beberapa komponen seperti mata air yang muncul dari mulut goa dijadikan sebagai tempat untuk memenuhi kebutuhan air oleh masyarakat.

Aktifitas masyarakat yang dilakukan sebagai bentuk tradisi dan kearifan lokal dipandang sebagai salah satu akibat dari kerusakan komponen karst yang di Pulau Muna. Sistem pertanian berpindah-pindah dan pemanfaatan ruang sebagai lahan pertanian pada morfologi karst merupakan salah satu penyebab dari kerusakan lahan karst. Sementara itu penggunaan stalagtit dan stalagmite sebagai batu nisan dan kepentingan lainnya dalam kearifan lokal masyarakat muna akan memicu hilangnya keunikan pada goa-goa karst di Pulau Muna (Musawari, 2014)

Dalam Rencana Tata Ruang Propinsi Sulawesi Tenggara Tahun 2014-2034 yang tertuang pada peta rencana kawasan strategis

Propinsi Sulawesi Tenggara bahwa ditepi Timur Pulau Muna yang memuat beberapa kecamatan direncanakan sebagai kawasan strategis untuk industri di Kabupaten Muna. Rencana Peruntukan dan penempatan ruang ini juga mengganggu kawasan lindung yang dikeluarkan oleh Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No P.62/Menhut-II/2013 tentang pengukuhan kawasan hutan.

Kawasan karst diatur dalam penataan ruang nasional karena keunikan bentang alamnya. Fungsi kawasan karst ini telah terdapat dalam UU No 26 Tahun 2007 tentang fungsi lindung. Undang-undang ini diperjelas oleh Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 tentang RTRWN yang menegaskan bahwa adanya ruang fungsi lindung dan fungsi budidaya pada setiap penataan ruang. lingkungan sekaligus memanfaatkan potensi sumberdaya alam (Muta'ali, 2012).

Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tentang pedoman pengelolaan kawasan karst yang bersifat operasional, mengklasifikasikan kelas-kelas karst sebagai kawasan lindung yang hasilnya menyatakan bahwa kawasan karst kelas I merupakan kawasan lindung sumberdaya alam yang penetapannya mengikuti peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kawasan lindung geologi didefinisikan sebagai kawasan yang fungsi utamanya melindungi lingkungan geologi dari dampak kegiatan manusia atau pembangunan dan kawasan yang melindungi hasil pembangunan dari ancaman bencana geologi.

Peraturan perlindungan kawasan karst dan kriteria kelas karst sebagai kawasan lindung geologi menjadi tolak ukur dalam menentukan kawasan lindung geologi Pulau Muna. Oleh sebab itu peneliti mengkaji aspek geologi karst muna yang didasarkan pada kondisi geologi dan kerapatan karst sebagai pertimbangan penentuan kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan dengan judul tesis “ *Studi Geologi Karst Sebagai Kawasan Lindung Geologi Di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat*. Penelitian ini dispesifikkan pada aspek geologi kawasan karst yang menjadi dasar penentuan batas kawasan lindung geologi. Dengan adanya batas kawasan lindung geologi pada aspek geologi karst diharapkan adanya penataan ruang yang bisa memperhatikan fungsi lin-

dung dan fungsi budidaya yang dapat memberikan manfaat pada pembangunan.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut diatas maka masalah yang di teliti adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana kondisi geologi karst yang menggambarkan keragaman geologi di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat ?
- 2) Bagaimana gambaran komponen kawasan dan tingkat kerapatan karst sebagai pertimbangan penentuan kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat ?
- 3) Bagaimana rumusan pengembangan kawasan karst dalam penataan ruang di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat ?

### Penelitian Terdahulu

Beynen et al 2012 melalui jurnal yang berjudul “A Sustainability Index For Karst Environments” menjelaskan bahwa perlunya keberlanjutan karst. Peningkatan keberlanjutan karst dilakukan dengan melindungi karst dari berbagai macam ancaman fisik lingkungan dan ancaman manusia. Hal hal yang perlu dicanangkan antara lain yaitu dengan melakukan penggunaan lahan pada karst yang selalu menjaga fungsi ekosistem karst. Hasil dari jurnal ini mengisyaratkan bahwa adanya beberapa perlakuan pada karst yang orientasinya sebagai keberlanjutan karst.

Maggio et al., (2011) memperhatikan beberapa keunikan pada karst dalam penelitian yang berjudul “*Karst of Sicily and its conservation*” menjelaskan bahwa keunikan area karst gypsum dan evaporate di Sisilia disebabkan oleh ketebalan dan suksesi lapisan sehingga membentuk fitur unik di cekungan Mediterania. Keunikan tersebut direkomendasikan oleh beberapa pegiat lingkungan sebagai area bentukan cagar alam atau evaporit geopark sebagai kawasan yang dilindungi dan perlunya konservasi kawasan.

### METODE PENELITIAN

#### Waktu Dan Tempat Penelitian

Lokasi Penelitian ini berada pada kawasan karst Pulau Muna. Kawasan karst Pulau Muna terletak pada formasi wapulaka yang hampir sepenuhnya menyusun pulau Muna.

Dari citra SRTM Kawasan tersebut terletak pada topografi yang memiliki ketinggian antara 25 sampai 150m dpl. Lokasi penelitian dideliniasi pada beda tinggi dari citra SRTM dengan batas-batas 4<sup>o</sup>47'00" LS-5<sup>o</sup>9'30" LS dan 122<sup>o</sup>30'00"BT-122<sup>o</sup>45'30"BT.

### Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini meliputi pengambilan data kondisi geologi dan pengambilan data kondisi karst di wilayah penelitian. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan metode survey dengan melakukan pengamatan di lapangan yakni deskripsi kondisi geologi dan kerapatan komponen karst di wilayah penelitian. Identifikasi kondisi geologi dilakukan mengamati geomorfologi, struktur geologi dan kondisi stratigrafi (Asikin, 2012) dengan unsur pengamatan sebagai berikut :

- a) Geomorfologi ; pengamatan relief, bentuk lereng, tingkat pelapukan dan erosi, kondisi soil, sungai, dan genetic
- b) Struktur ; pengukuran kekar pada batuan
- c) Stratigrafi ; unsur litologi meliputi jenis batuan dan penyebarannya.

### Analisis Data Kondisi Geologi Karst

Analisis data kondisi geologi mengacu pada tata cara pemetaan geologi lapangan (Asikin, 2012) yang meliputi :

- a) Geomorfologi yaitu mencakup kondisi geomorfologi daerah penelitian yaitu morfografi, morfometri dan morfogenesis bentang alam yang didasarkan pada kenampakan morfologi lapangan.
- b) Struktur geologi, yaitu kondisi struktur geologi yang berkembang pada wilayah penelitian yaitu berupa kekar, sesar dan lipatan yang terbentuk akibat proses geologi.
- c) Stratigrafi, yakni unsur-unsur litologi yang meliputi jenis batuan dan perlapisannya

Kondisi geologi dihasilkan dalam bentuk peta dengan bantuan software Ar-Gis. Dengan analisis spasial pada GIS akan dihasilkan Peta geomorfologi, dan Peta Geologi sebagai pendukung dari analisis data lapangan.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

## Geomorfologi

Dari analisis morfometri, wilayah penelitian memiliki sudut lereng berkisar antara 0 hingga 71,69 % dan berada pada ketinggian 25 hingga 285 mdpl yang tersebar pada beberapa kecamatan dalam wilayah penelitian. Beberapa kecamatan dalam wilayah penelitian memiliki topografi ketinggian dengan deskripsi sebagai berikut:

Tabel 1. Topografi wilayah Penelitian

No	Kabupaten	Kecamatan	Ketinggian Absolut (Mdpl)
1	Muna	Duruka	90-140
		Watopute	110-160
		Katobu	90-110
		Tongkuno	5 -285
		Lohia	5-200
2	Muna Barat	Kontunaga	90-230
		Lawa	105-235
		Parigi	90-120
		Barangka	105-235
		Kontukowuna	90-110
		Kabawo	130-220

## Relief

Dari pengamatan morfologi, relief wilayah penelitian merupakan area pedataran hingga perbukitan rendah. Perbukitan ini dicirikan oleh bukit-bukit karst dalam bentuk menara dan kubah karst. Bukit-bukit karst mendominasi seluruh kecamatan pada wilayah penelitian yang diantari oleh pedataran dan lembah karst.

## Pelapukan dan erosi

Wilayah penelitian merupakan daerah yang dipengaruhi oleh pelapukan kimiawi yakni pelarutan batuan akibat keasaman hujan. Pelapukan terjadi pada skala rendah hingga sedang yang ditandai dengan tutupan vegetasi hasil pelapukan. Sedangkan erosi diakibatkan oleh aliran-aliran yang bekerja secara vertical hingga horizontal. Tipe erosi yang dijumpai antara lain adalah gully erosion hingga riil erosi.

## Soil

Kondisi tanah diwilayah penelitian merupakan tanah residu yang berwarna merah yang merupakan material hasil pelapukan batuan. Tanah ini memiliki ketebalan yang bervariasi sesuai dengan kondisi topografi.

## Sungai

Aliran sungai diwilayah penelitian didapatkan pada kecamatan Lohia, Parigi dan kecamatan Duruka. Aliran sungai di Kecamatan Lohia dan Duruka merupakan aliran beberapa *gully erosi* menyatu dengan membentuk pola aliran dendritik mengarah Timur Laut menuju selat Buton.

Debit air relatif konstan sepanjang tahun yaitu  $0,334\text{m}^3/\text{detik}$  atau sekitar 334 liter/detik sehingga sungai ini merupakan sungai permanen. Mata air berasal dari rongga batu gamping yang mencirikan adanya aliran bawah permukaan, suatu ciri bentuk kawasan karst. Sedangkan di Kecamatan Parigi pola aliran membentuk aliran dendritic dari beberapa sumber mataair dengan arah aliran Barat Laut wilayah penelitian.

## Aspek Genetik

Wilayah penelitian merupakan bentang alam karst yang diakibatkan oleh proses kimia dari pelarutan pada batuan. Ciri morfologi karst lain yang dijumpai diwilayah penelitian yaitu adanya kubah/menara karst yang dominan pada serta telaga, goa dolina, dan mata air yang berada di tepi Timur wilayah penelitian.

## Kubah dan Menara Karst

Menara dan kubah karst merupakan ciri morfologi karst yang banyak dijumpai di wilayah penelitian. Morfologi ini tersebar luas diseluruh wilayah penelitian dan beberapa lerengnya berbentuk tebing. Kubah karst didaerah kabupaten Muna yang didapatkan di Wilayah penelitian merupakan dominasi beberapa kubah yang berada pada puncak bukit karst, sementara kubah karst yang berpisah satu sama lain dijumpai pada jumlah yang sedikit.



Gambar 1 Kegekars yang terdapat di Kecamatan Tongkuno wilayah penelitian (N 110° E), Koordinat : E 122° 41' 29,27'', S -4° 55' 40,43''

Menara karst banyak ditemukan di Kecamatan Kontunaga dan Kecamatan Tongkuno. Menara karst di Kecamatan

Kontunaga tersusun polygonal hingga dan tersebar disisi timur Kecamatan kontunaga hingga Kecamatan Lohia. Menara karst ini merupakan sisa pelarutan batugamping yang berdiri membentuk menara yang tingginya mencapai 10 hingga 15 meter dari permukaan lembah karst.



Gambar 2. *Trunkkarst* yang terdapat di Kecamatan Kontunaga wilayah penelitian (N 90°E), Koordinat : E 122° 42' 10,43''S- 4° 54' 24,24''

### Telaga (Dolina/Uvala)

Salah satu ciri morfologi yang berkembang pada kawasan karst adalah adanya *sinkhole* atau depresi yang berukuran besar maupun kecil. Di Wilayah Penelitian daerah Kabupaten Muna terdapat ciri morfologi yang disebut dolina dan Uvala. Beberapa dolina dan uvala dikawasan karst wilayah penelitian terdapat disisi bagian timur wilayah penelitian. Morfologi ini berkembang sepanjang sisi Timur Pulau Muna (bagian Timur wilayah penelitian) dari sisi Utara Kecamatan Lohia hingga ujung Selatan Kecamatan Tongkuno.



Gambar 3. Uvala di Kecamatan Lohia (Koordinat: E 122° 45' 16,57''S -4° 53' 56,87'' N 10°E)

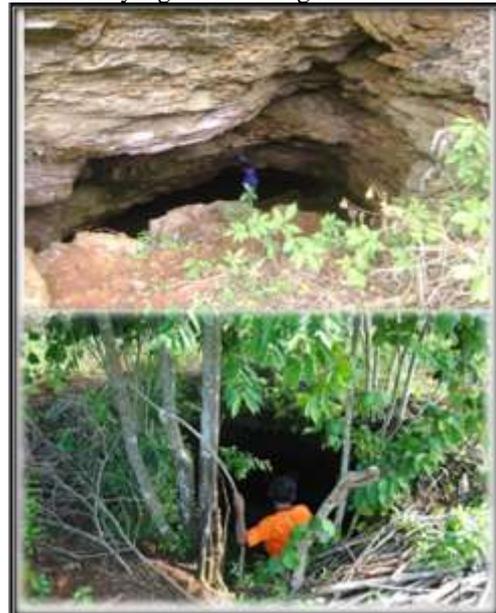


Gambar 4 Danau Randano Ghaghe merupakan dolina yang terisi air terdapat di Kecamatan Tongkuno (Koordinat : E 122° 45' 16,57'' , S -4° 53' 56,87'' N 90°E)

Proses pelarutan batugamping membentuk cekungan khas yang sebagian diantaranya terisi oleh air. Beberapa dolina di wilayah penelitian berada dekat dengan laut sehingga akibat topografi dan sifat batugamping yang memiliki porositas dan rongga mengakibatkan cekungan-cekungan (dolina dan uvala) tersebut terisi oleh air laut. Oleh sebab itu beberapa dolina dan uvala di Kabupaten Muna dapat disebut dengan Telaga (danau) karst.

### Goa

Goa merupakan salah satu bentuk morfologi endokarst yang berkembang di daerah karst.



Gambar 5 Goa berair di Kecamatan Lohia (Koordinat, 122°45' 06,1'' , S - 4° 55' 30,3'') dan goa kering di Kecamatan Tongkuno di wilayah penelitian ( Koordinat 122° 32' 08,6'' , S -5° 01' 57,8'')

Wilayah penelitian terdapat goa yang juga banyak ditemukan di sisi Timur wilayah penelitian. Beberapa goa kering terdapat di Kecamatan Kontunaga dan goa lainnya merupakan goa berair yang tersebar di Kecamatan Lohia. Dilihat dari topografi goa

kering terdapat di beberapa bukit karst. Goa ini terbentuk oleh aktifitas kimiawi sehingga beberapa stalagmite dan stalaktit banyak didapatkan pada goa ini. Goa berair di wilayah penelitian merupakan goa yang hampir sejajar dengan muka air laut. Mulut goa yang lebar berkembang akibat pelarutan dan jatuhnya dinding goa.

### Mata Air

Mata air karst di wilayah penelitian merupakan mata air permanen terdapat di Kecamatan Lohia dan Kecamatan Parigi. Beberapa mata air di Kecamatan Lohia mengalir berarah timur laut sedangkan di Kecamatan Parigi Mata air karst mengalir berarah Barat. Mata air ini merupakan aliran bawah tanah yang muncul pada lereng bukit pada topografi dengan garis kontur berkisar 25 mdpl.



Gambar 6. Mata air yang terdapat di Kecamatan Lohia (Koordinat ;122°45' 06,1" , S -4° 04' 39,5" ) dan Kecamatan Parigi (Koordinat; 122°30' 25,4" , S -4° 55' 30,3"')

### Struktur Geologi

Struktur geologi memperlihatkan ciri-ciri aktifitas atau gejala tektonik disuatu daerah. Gejala tersebut dapat dilihat pada adanya kekar, sesar ataupun lipatan pada formasi batuan. Pada wilayah penelitian, gejala tektonik minim ditemukan. Struktur kekar nampak di Sisi Timur Kecamatan Kontunaga berbatasan langsung dengan Kecamatan Lohia dan Lipatan minor yang berada pada kecamatan Lohia.

Kekar (*joint*) adalah rekahan sepanjang permukaan batuan dimana tidak atau mengalami pergeseran yang sangat kecil sepanjang rekahan tersebut. Dari segi tektonik, penentuan struktur kekar juga merupakan suatu hal yang penting untuk menentukan gaya yang bekerja pada wilayah penelitian ini. Struktur Kekar (*joint*) pada batu gamping di temui Di sisi Timur Kecamatan Kontunaga yang berbatasan langsung dengan Kecamatan Lohia. Pada titik pengamatan ini menun-

jukan adanya blok dan garis-garis retak pada batu gamping yakni Kekar



Gambar 7 Struktur kekar pada gamping berupa garis di Kecamatan Lohia, 122° 42' 09,55" , S -4° 53' 52,60" N 280° E ( Winarno, 2015)

Struktur geologi lain yang ditemukan pada wilayah penelitian yaitu adanya indikasi gaya tektonik yang bekerja pada lapisan batuan. Struktur lipatan pada lapisan batugamping ditemukan di Kecamatan Lohia. Lipatan ini berukuran kecil dengan sumbu lipatan berukuran meter. Lipatan ini berada dekat dengan selat buton yang mana merupakan lokasi proses tektonik Muna- Buton bekerja.

### Stratigrafi Wilayah Penelitian

Penentuan stratigrafi wilayah penelitian ini pada umumnya untuk mengetahui kelompok, formasi, dan anggota batuan yang terdapat di wilayah penelitian yaitu Kabupaten Muna. Pengetahuan formasi, anggota dan jenis batuan yang ada pada wilayah penelitian juga membantu dalam mengetahui ciri-ciri karst di Kabupaten Muna. Untuk mengetahui itu, pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan pengelompokan terhadap batuan berdasarkan ciri-ciri fisik secara megaskopis, petrografi dan mikropaleontologi.

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan dengan bentuk pemetaan batuan secara acak dengan mengamati 38 titik dalam luasan wilayah penelitian, didapatkan bahwa umumnya wilayah penelitian tersusun atas batuan yang terdiri dari satuan batu gamping. Satuan batuan ini di golongkan berdasarkan litostratigrafi tidak resmi yang bersandikan pada ciri litologi, dominasi dan kesamaan gejala geologi yang diamati di lapangan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jenis batuan di wilayah penelitian adalah satuan batu gamping. Penamaan satuan gamping berdasarkan pada ciri litologi yang dijumpai di lapangan, sifat fisik batuan, komposisi mineral baik secara megaskopis maupun mikroskopis, serta dominasi batuan yang dijumpai di lapangan, yang umumnya

memperlihatkan bahwa material penyusun pada wilayah ini adalah Gamping.

### 1) Dasar Penamaan

Penamaan batuan ini mengacu pada klasifikasi Dunham 1962 tentang penamaan batuan karbonat berdasarkan kandungan mineral dan ukuran butirnya, serta didasarkan pada ciri-ciri litologi secara megaskopis, petrografi dan mikropaleontologi. Secara petrografi dapat dilihat langsung komposisi mineralnya dan secara mikropaleontologi diperhatikan kandungan fosil didalam batuan ini.

### 2) Luas Dan Penyebaran.

Batugamping tersebar luas di seluruh kecamatan pada wilayah penelitian. Penyebarannya mendominasi wilayah penelitian secara lateral batugamping ini umumnya menyerupai terumbu, dan diberapa tempat ditemukan struktur berlapis. Beberapa singkapannya membentuk bukit akibat proses karstifikasi yang merupakan sebagian ciri dari bentuk morfologi wilayah penelitian



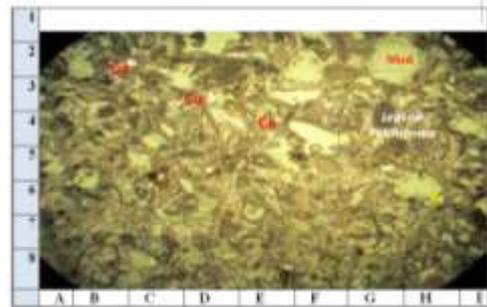
Gambar 8. .Singkapan Batugamping di Kecamatan Kontunaga (Koordinat: E 122° 40' 41,0'' , S -4° 52' 13,3'', N 270° ,N 350° E)dan Kecamatan Watopute (Koordinat: E 122° 40' 01,6''S -4° 49' 19,6'', N 45° E)

### 3) Ciri Litologi

Secara Megaskopis ciri-ciri yang dapat diamati adalah berwarna segar Putih kekuningan hingga putih. Struktur berlapis, Memiliki tekstur klastik yang sifatnya afanitik, dengan ukuran butir pasir sedang sekitar 1/2 sampai 1/4 mm. Butiran yang angular hingga subangular kasar dan berporositas tinggi. Komposisi mineral penyusunnya adalah kalsit (CaCO<sub>3</sub>),. Nama batuan adalah Batugamping ( Dunham, 1962 )

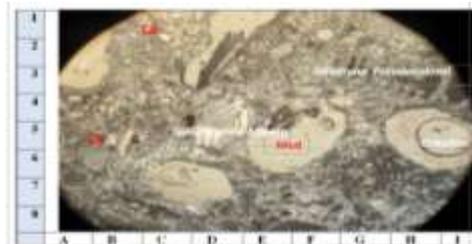
Ciri lain yang menjadi ciri utama batugamping yang berada di wilayah penelitian Kecamatan Lohia adalah permukaan batuan yang memiliki pori yang di akibatkan oleh proses kimiawi yaitu proses pelarutan yang menjadi salah satu

faktor utama peembentukan Kawasan Karst. Pada lokasi dengan titik ketinggian di atas 150 Mdpl kedudukan batuan tidak memperlihatkan lapisan yang jelas. Tetapi pada titik titik tertentu yang berada dibagian Timur wilayah penelitian yang cenderung lebih rendah memiliki kedudukan berlapis.



Gambar 9 Foto sayatan tipis Batugamping yang memperlihatkan Calsit (CaCO<sub>3</sub>),Butiran sebagai masa dasar, lempung, Unsur Fe dan kandungan foraminifera (Winarno, 2015)

Berdasarkan kenampakan mikroskopis batuan yang ada pada wilayah penelitian pada mikroskop polarisasi dengan pembesaran objektif dan okuler masing-masing 4x dan 10x pada sayatan tipis, batuan ini memperlihatkan warna pada nikol silang yaitu kuning kecoklatan, tekstur klastik, tersusun oleh komposisi mineral kalsit (CaCO<sub>3</sub>). Mineral ini berukuran sebesar 5mm-8mm dengan warna absorsi tinggi, pleokrisme monokroid, intensitas dan relief tinggi, memiliki belahan sempurna dua arah dan pecahan yang tidak rata. Kandungan lain dari batuan ini yaitu unsur Fe (Oksida Besi) dan fosil foraminifera.



Gambar 10 Foto sayatan tipis Batugamping yang memperlihatkan Calsit (CaCO<sub>3</sub>),Butiran sebagai masa dasar, lempung, dan kandungan foraminifera Bentonik (Winarno, 2015)

Pada 9 gambar foto sayatan diatas terlihat bahwa batuan ini di dominasi oleh butiran. Mengandung fosil foraminifera genus *Legena* (hidup dikala Miosen ) pada kolom 5H, lempung (*Mud*) pada kolom 2G, unsur Fe (oksida besi) pada kolom 6I serta kandugan mineral yang nampak adalah kalsit masing-masing pada kolom 2C, 3D dan 4E. Dengan hasil deskripsi pada sayatan yang nampak pada gambar ,nama batuan pada sayatan ini

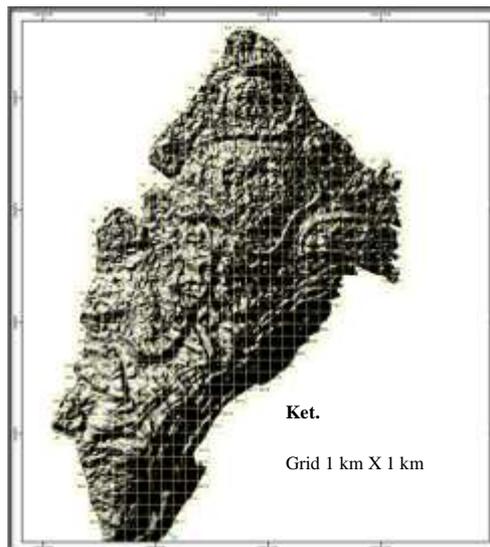
adalah jenis batugamping Grainstone (Dunham, 1962)

### Kerapatan Komponen Karst

Wilayah penelitian yaitu daerah yang memiliki ciri-ciri adanya komponen karst, baik dalam eksokarst maupun komponen endokarst. Beberapa komponen eksokarst yang terdapat pada wilayah penelitian antara lain adalah bukit karst, Telaga/danau serta uvala/dolina. Komponen endokarst yang tersebar di wilayah penelitian antara lain adalah mata air permanen, goa berair, goa kering dan potensi air tanah. Dari kondisi hidrogeologi dan cekungan air tanah, wilayah penelitian memiliki potensi penyimpanan air tanah yang cukup yang disebabkan oleh letaknya pada akuifer dengan produktifitas sedang yaitu aliran tanah terbatas pada zona celahan rekahan dan saluran pelarutan debit sumur dan mata air beragam dalam kisaran yang besar Kabupaten Muna terletak pada akuifer dengan produktifitas sedang yaitu aliran tanah terbatas pada zona celahan rekahan dan saluran pelarutan debit sumur dan mata air beragam dalam kisaran yang besar.

### Kawasan dan Kelas Karst

Wilayah penelitian merupakan daerah bagian dari Pulau Muna yang tersusun atas formasi wapulaka. Dari hasil pengamatan dan analisis didapatkan bahwa lokasi penelitian tersusun atas batugamping. Keterdapatannya dan penyebaran komponen eksokarst dan endokarst pada wilayah penelitian mengindikasikan bahwa wilayah penelitian termasuk kawasan karst. Kerapatan komponen karst merupakan metode pengklasifikasian kelas karst dengan melakukan penentuan skor pada semua komponen untuk mendapatkan kelas karst. Kerapatan komponen karst dihasilkan dari kuantifikasi pada setiap grid 1 X 1 km pada wilayah penelitian. Adapun pembagian grid tersebut dipaparkan seperti pada gambar 11 berikut



Gambar 11 pembagian Grid kerapatan komponen karst dengan jarak 1 km X 1 km pada wilayah penelitian

Sesuai dengan tahapan penentuan kerapatan karst dengan mengkuantifikasi komponen karst dalam tiap grid dalam luasan wilayah penelitian, didapatkan untuk skor dalam salah satu grid pada wilayah penelitian adalah pada Kerapatan karst salah satu grid sebagai berikut.

Tabel 5. Penentuan skor kawasan karst dalam grid wilayah penelitian

Komponen karst	Jumlah	Nilai	Bobot	N x B
Bentang alam bukit khas	6	2	10	20
Telaga	-	1	5	5
Dolina, Uvala Polje	-	1	1	1
Mata air Permanen	-	1	10	10
Goa berair	-	1	7	7
Mata air musiman	-	1	5	5
Goa kering	-	1	3	3
Potensi air tanah		2	6	12
SKOR				63

Tingkat kerapatan karst pada grid C15 memiliki skor 63. Kerapatan karst juga diketahui pada skor beberapa grid yang lain berkisar antara nilai antara 53 sampai dengan

63. Dengan demikian kelas karst pada kawasan ini adalah termasuk pada kawasan kategori kelas III.

Dalam keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tentang pedoman pengelolaan kawasan karst, terdapat 3 (Tiga) kelas kawasan karst sebagai acuan penataan ruang pada daerah karst. Penentuan kelas kawasan dengan kerapatan karst ini cara adalah untuk mendapatkan kelas karst yakni : a) kawasan karst kelas I, yaitu kawasan dengan jumlah skor antara 113 hingga 114; b) kawasan karst kelas II, kawasan karst dengan jumlah skor antara 80 hingga 112; c) kawasan karst kelas III yaitu kawasan dengan skor antara 48 hingga 79.

#### **Kawasan Lindung Geologi**

Kawasan lindung geologi adalah kawasan yang memiliki fungsi utama melindungi lingkungan geologi dan atau melindungi lingkungan dari kejadian bencana geologi. Lingkungan geologi didefinisikan sebagai ruang terbentuknya bumi yang menyangkut asal muasal, struktur, komposisi dan sejarah serta proses alam yang berlangsung sampai saat ini.

Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 tentang RTRWN yang menegaskan bahwa adanya ruang fungsi lindung dan fungsi budidaya pada setiap penataan ruang, menjadikan adanya daerah yang memiliki fungsi lindung menempatkan beberapa ruang sebagai kawasan lindung. Dari peta kawasan hutan wilayah penelitian Kabupaten Muna merupakan daerah yang memiliki kawasan hutan lindung seluas 143,70 Km<sup>2</sup>. Selain itu terdapat Area Pemanfaatan lain seluas 295,82 Km<sup>2</sup>, Hutan produksi 168,85 Km<sup>2</sup>, dan hamparan air 9,276 Km<sup>2</sup>.

Dari hasil penelitian bahwa pada wilayah penelitian Kabupaten Muna menunjukkan bahwa hasil analisis kerapatan karst wilayah penelitian tergolong kawasan karst kategori kelas III. Namun kawasan karst ini memiliki ciri-ciri khusus yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No.26 Tahun 2008 dan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1456.K/20/MEM/2000 serta Peraturan Menteri ESDM Nomor 17 Tahun 2012 antara lain adalah adanya kawasan yang memiliki *kegelkarst* dan *trumkarst*, keunikan proses geologi seperti dolina dan uvala, sungai bawah tanah

dan telaga serta situs paleoan tropologi dan arkeologi

#### **Kawasan *Kegelkarst* dan *Trumkarst***

*Kegelkarst* dan *Trumkarst* merupakan kawasan keunikan bentang alam tentang cagar alam geologi pada kawasan lindung geologi yang diatur pada Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2008 Pasal 52. *Kegelkarst* dan *Trumkarst* merupakan bagian dari morfologi yang menggambarkan bentuk bukit pada kawasan karst. *Kegelkarst* atau kubahkarst merupakan bentuklahan yang ditandai oleh kumpulan bukit kecil berbentuk kerucut yang sambung-menyambung. Sela antara bukit kerucut membentuk cekungan dengan bentuk seperti bintang. Sedangkan menara karst atau *trumkarst* merupakan tipe bentuklahan karst yang dicirikan oleh bukit tinggi dengan lereng terjal biasanya ditemukan dalam kelompok yang dipisahkan satu sama lain oleh sungai atau lembah karst. *Kegelkarst* dan *Trumkarst* pada wilayah penelitian banyak ditemukan di Kecamatan Kontunaga dan Kecamatan Tongkuno. Morfologi ini dapat diusulkan sebagai perlindungan local di Kabupaten Muna.

#### **Kawasan Keunikan Proses Geologi**

Keunikan proses geologi diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2008 Pasal 52 tentang kawasan cagar alam geologi yang memuat kawasan keunikan proses geologi yang diatur sebagai perlindungan geologi. Proses geologi adalah semua aktivitas yang terjadi di bumi baik yang berasal dari dalam bumi (endogen) maupun yang berasal dari luar bumi (eksogen). Wilayah penelitian dipengaruhi oleh aktifitas eksogen yang terjadi pada kawasan karst. Proses karstifikasi yang berpengaruh besar pada wilayah penelitian menjadikan kawasan ini memiliki keunikan komponen karst antara lain adalah adanya dolina dan uvala pada wilayah penelitian

#### **Kawasan Sungai Bawah Tanah dan Telaga**

Kawasan sungai bawah tanah dan telaga merupakan Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2008 Pasal 52 tentang kawasan cagar alam geologi yang memuat kawasan yang memberikan perlindungan terhadap air tanah. Pada aspek hidrogeologi wilayah penelitian merupakan penghasil akuifer dengan produktifitas sedang yaitu aliran tanah terbatas pada zona celahan rekahan dan saluran pelarutan

debit sumur dan mata air beragam potensi dapat memenuhi suplai air pada masyarakat. Hal ini dibuktikan dengan adanya beberapa mata air dan telaga pada wilayah penelitian seperti mataair *Fotuno Rete* yang terdapat di Kecamatan Parigi, Mataair *Motonuno* dan *Wataro* yang ada di Kecamatan Lohia. Mataair tersebut muncul dari aliran bawah tanah yang membentuk sungai karst dan telaga pada wilayah penelitian

#### **Situs Paleoantropologi dan arkeologi**

Situs paleoantropologi dan arkeologi yang dimaksud pada penelitian ini merupakan gambaran kehidupan massa lampau yang dilihat pada lukisan-lukisan pada batuan yang diduga merupakan aktifitas kehidupan manusia pada masa lampau. Situs Paleoantropologi dan arkeologi merupakan kawasan cagar alam geologi yang diatur dalam peraturan pemerintah No 26 tahun 2008 tentang kawasan keunikan batuan dan fosil pada pasal 52. Kawasan ini terdapat di Kecamatan Kontunaga yang memiliki nilai paleo-antropologi dan arkeologi pada dinding goa batugamping pada kawasan karst.

#### **PENUTUP**

##### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian tentang studi geologi karst sebagai kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat dapat diberi kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil studi geologi karst wilayah penelitian merupakan daerah yang dibentuk oleh litologi batu gamping dan memiliki morfologi kawasan karst yang minim jejak struktur didalamnya. Pada wilayah penelitian memiliki sumberdaya karst berupa bukit karst, telaga (danau), dolinadanuvala, mata air permanen, gua karst (kering dan berair) serta potensi air tanah.
- 2) Analisis kerapatan karst wilayah penelitian menunjukkan bahwa kelas karst pada wilayah penelitian berada pada kategori kelas III.
- 3) Wilayah penelitian memiliki ciri-ciri yang berfungsi sebagai kawasan lindung atau mempunyai nilai sosial budaya ilmu pengetahuan dan pariwisata, olehnya itu kawasan ini perlu diatur sebagai perlindungan lokal dan setempat dinyatakan termasuk kawasan karst kelas I sebagai

kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan Muna Barat. Sesuai Peraturan Pemerintah No.26 Tahun 2008 Tentang RTRWN serta Keputusan Menteri ESDM Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tentang criteria kawasan karst, maka wilayah penelitian dapat diusulkan sebagai perlindungan local kawasan lindung geologi di Kabupaten Muna dan Muna Barat yang meliputi Perlindungan terhadap *kegelkarst* dan *trumkarst*, Perlindungan terhadap kawasan keunikan proses geologi, Kawasan penyimpanan air dalam bentuk sungai bawah tanah dan telaga dan Kawasan situs paleoantropologi dan arkeologi

#### **Saran**

Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat merupakan daerah karst yang memiliki beberapa komponen karst yang perlu dilindungi dalam penetapan kawasan perlindungan lokal karena memiliki keunikan geologi, olehnya itu melalui penelitian ini penulis menyarankan :

- 1) Akademik (Peneliti Berikutnya)

Rana akademik adalah wadah dalam pengembangan ilmu dan pengetahuan. Pengembangan pengetahuan melalui beberapa penelitian oleh kaum pelajar melalui kajian dengan topik yang sama dalam dengan penelitian ini sangat dibutuhkan. Dari hasil penelitian ini, penulis menyarankan:

- a. Perlunya studi karst lebih detail khususnya identifikasi komponen karst pada beberapa kecamatan di Kabupaten Muna untuk mentukan kawasan lindung geologi yang tepat di Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat.
- b. Untuk pengelolaan lingkungan geologi karst yang terencana di Kabupaten Muna maka dibutuhkan criteria klasifikasi kawasan karst khusus (atau Modifikasi) guna mendapatkan kelas kawasan karst sebagai kawasan lindung geologi dan atau kawasan konservasi di Kabupaten Muna dan Muna Barat.

- 2) Masyarakat

Keterlibatan masyarakat dalam upaya melindungi dan menjaga kawasan keunikan geologi sebagai perlindungan local sangat dibutuhkan di Kabupaten Muna.

Keterlibatan masyarakat dapat dimulai dari pengetahuan mengenai lingkungan lokal.

- 3) Pemerintah
  - a. Penetapan pengelolaan kawasan perlindungan lokal dalam menciptakan kawasan lindung geologi diperlukan secepatnya untuk menghindari hilangnya keragaman komponen karst yang diakibatkan oleh pembangunan. Salah satu pengelolaan kawasan perlindungan lokal yang dapat diterapkan untuk meningkatkan perlindungan terhadap kawasan adalah dengan mengedepankan nilai-nilai kearifan lokal pada masyarakat.
  - b. Kawasan lindung geologi berpotensi wisata dapat dijadikan asset utama penopang perekonomian masyarakat sekitar dengan membangun fasilitas pada sector kawasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T.N., Haryono, E., dan Suprojo, S.W., 1999. *Kawasan Karst dan Prospek Pengembangannya di Indonesia*, Jakarta: Prosiding Seminar PIT IGI Universitas Indonesia, 26-27 Oktober 1999
- Asikin, S. 2012. *Buku Pedoman Geologi Lapangan*. Program Studi Teknik Geologi. Intitut Teknologi Bandung
- Beynen, P.V., Brinkmann, R., Beynen, K. 2011. *A Sustainability Index For Karst Environments*. Journal of Cave and Karst Studies, V. 74, No. 2, p. 221–234. DOI: 10.4311/2011SS0217
- Boggs J.S., 2006, *Principle of Sedimentology and Stratigraphy 4<sup>th</sup> edition*, Pearson Education, Inc, New Jersey.
- Cahyadi, A., Marfai, M.A., Nucifera, F., dan Rahmadana, A.D.W. 2012. *Perencanaan Penggunaan Lahan Di Kawasan Karst Berbasis Analisis Kemampuan Lahan Dan Pemetaan Kawasan Lindung Sumberdaya Air (Studi Kasus di Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunung Kidul Jogjakarta)*. Seminar Nasional Science, Engineering and Technology. Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang
- Darmawan, A., dan Lastiasi H.A. 2010. *Geologi Lingkungan dan Fenomena Karst Sebagai Arah Pengembangan Wilayah Perkotaan Kupang Nusa Tenggara Timur*. Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi. Bandung
- Davidson JW. 1991. *The Geology And Propectivity Of Buton Island, SE Sulawesi, Indonesia*. Petroleum Assoc . 209-233
- Ford, D.C. dan Williams, P.W. 1996. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman and Hall
- Ford, D dan William, P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology Sussex*: John Wiley and Sons.
- Handayani. A, 2009. *Analisis Potensi Sungai Bawah Tanah Di Gua Seropan Dan Gua Semuluh Untuk Pendataan Sumberdaya Air Kawasan Karst Di Kecamatan Semanu Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi : Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas sebelas maret. Surakarta
- Haryono, E., Widyastuti, M., Rahmadi, C., Setyawan, P., Matius, P., Novian, I.M., Cahyadi, A., Aryasari, R., Zulqisthi, G., Danardono., Damar, H.M., Hakim, A.A., dan Labib, A.M. 2016. *Pedoman Praktis Survey Terintegrasi Kawasan Karst*. Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFPG) UGM. Jogjakarta
- Haryono, E., dan Adji, T.N. 2004. *Bahan Ajar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi UGM. Jogjakarta
- Hengl, T., dan Reuter, H., 2009, *Geomorphometry*, Elsevier, University of Amsterdam, The Netherlands.
- Kodoatie, J.R. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. ANDI. Jogjakarta
- Martodjodjo, S., (1980), *Sandi Stratigrafi indonesia*, Direktorat Jendral Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
- Maggio, C.D., Madonia, G., Parise, M., Vattano, M. 2011. *Karst Of Sicily And Its Conservation*. Journal of Cave and Karst Studies . V. 74, No. 2, p. 157–172. DOI: 10.4311/2011JCKS0209
- Musawari, L.M.G. 2014. *Evaluasi Kerusakan Kawasan Karst Di Kabupaten Muna (Studi Kasus Kecamatan Lohia*

- Dan Kecamatan Bone*). Skripsi : Program Studi Ilmu Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana Fakultas Geografi UGM. Jogjakarta
- Muta'ali, L. 2012. *Daya Dukung Lingkungan Untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah*. Yogyakarta : Badan Penerbit Fakultas Geografi. Universitas Gajah Mada
- Noor, J., 2009, *Pengantar Geologi*, Edisi 1, Universitas Pakuan, Bogor.
- Noor, D., 2012, *Pengantar Geologi*, Universitas Pakuan, Bogor.
- Nuraini, F. 2012. *Kajian Karakteristik Dan Potensi Kawasan Karst Untuk Pengembangan Ekowisata Di Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunung Kidul*. Sripsi : Program Studi Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Jogjakarta
- Oktariadi, O., dan Tarwedi, E., 2011. *Klasifikasi Karst Untuk Kawasan Lindung Dan Kawasan Budidaya (Studi Kasus Karst Bukit Bulan Kabupaten Sorolangun)*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Badan Geologi. Bandung
- Pungkisari, V.A.,Oktariadi, O., Susanto, E., Suryanto, A., Subagio. 2016. *Penyelidikan Kawasan Lindung Geologi Muna Kabupaten Muna Propinsi Sulawesi Tenggara*. Program Penelitian Mitigasi dan pelayanan Geologi. Pusat Sumber Daya Air Tanah dan Geologi Lingkungan, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung
- Ragan, D, M., 2009, *Stuctural Geology*, Cambridge, Arizona State University, USA.
- Ruswanto,H. Raiowiryono, Darmawan, A. 2008. *Klasifikasi Karst Sukolilo Kabupaten Pati Propinsi Jawa Tengah*. Buletin Geologi Tata Lingkungan vol. 18, 2 November 2008
- Samodra, H. 2001. *Nilai Strategis Kawasan Karst di Indonesia Pengelolaan dan Perlindungannya*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Shindu, Y. 2012. *Geologi Daerah Perbukitan Rumu Kecamatan Buton Selatan*. Tugas Akhir Studi., Institut Teknologi Bandung
- Siska, P. P.; Goovaerts, P.; Hung, I. 2016. Evaluating susceptibility of karst dolines (sinkholes) for collapse in Sango, Tennessee, USA. *Progress in Physical Geography*
- Sumardin, 2015. *Studi Geologi Desa Lakarinta Kecamatan Lohia Kabupaten Muna*. Skripsi: Program Studi Teknik Geologi Fakultas Ilmu Dan Teknologi Kebumian Universitas Halu Oleo
- Surono, 2010, *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Publikasi Khusus Badan Geologi Kementerian ESDM, Bandung
- Thornbury, W.D., 1969, *Principles of Geomorphology (2<sup>nd</sup> edition)*. John Wiley and Sons, Inc. USA. 594 hal.
- Tyas, N.D., Vitdiawati, R., dan Nusantari, R. 2016. *Konservasi Dan Pemanfaatan Berkelanjutan Kawasan Karst Gunung Sewu Sebagai Bagian Geopark Untuk Mempertahankan Fungsi Ekologi*. Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education). Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Jogjakarta
- Wacana, P., Irfanianto, Rodhialfalah, A., Widjanarko, S., Suryono, T., Chandra, F., Ahmmad, F., Fauzi, I., dan Lukiarti, M. 2014. *Kajian Potensi Kawasan Karst Kendeng Utara Pegunungan Rembang Madura Kabupaten Rembang Jawa Tengah*. Prosiding Seminar Nasional Kebumian. UGM. Jogjakarta
- Wibowo, M. 2006. *Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan tata Ruang Berwawasan Lingkungan*. Jurnal Hidrosfer Peneliti Geologi Lingkungan. Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknology.
- Winarno, 2015. *Studi Geologi Kecamatan Lohia Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara ( Studi Kasus Desa Mantobua dan Sekitarnya )*. Skripsi: Program Studi Teknik Geologi Fakultas Ilmu Dan Teknologi Kebumian Universitas Halu Oleo
- Zuidam, R.A., 1985, *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, Smith Publisher, Nerherland. 442 hal