

IDENTIFIKASI DOLINA KARST FORMASI KALIPUCANG MELALUI ANALISIS DEM, DAERAH AYAH, KABUPATEN KEBUMEN, PROVINSI JAWA TENGAH

M. Suri^{1*}, B.K. Susilo¹

¹Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: mawaddah.suri@student.unsri.ac.id

ABSTRAK: Karst merupakan bentukan lahan morfologi yang dicirikan dengan adanya hasil pelarutan umumnya pada batugamping dan dolomit. Kawasan karst Gombang selatan termasuk jajaran Pegunungan Serayu Selatan. Lokasi penelitian berada di daerah Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Studi ini membahas tentang identifikasi proses pembentukan morfologi karst mencakup pengamatan morfologi dan berbagai bentuk pelarutan serta proses perkembangannya melalui DEM. Metode yang digunakan pada penelitian studi karst mencakup analisis landsat citra, observasi lapangan, dan analisis studio mencakup perhitungan nilai kuantitatif morfometri dolina menggunakan *software* ArcGIS 10.4. Pembentukan morfologi karst dikontrol oleh faktor morfometri dan morfografi; litologi dengan tingkat porositas permeabilitas tinggi, dan nilai elevasi serta kelerengan tinggi sehingga memungkinkan berkembangnya drainase secara vertikal yang dapat mendorong pembentukan morfologi karst. Secara morfografi daerah penelitian termasuk ke dalam perbukitan rendah dengan elevasi 176 – 200 meter dan perbukitan dengan elevasi 200 – 400 meter. Daerah penelitian memiliki tingkat kelerengan landai hingga miring mengindikasikan tingkat pelarutan yang intens mengikis morfologi. Berdasarkan hasil analisis citra *Digital Elevation Model* (DEM) diinterpretasikan kawasan karst daerah Ayah berupa Poligonal Karst, tersusun atas dolina dan *conical hills*. Dolina karst memiliki karakteristik berupa elevasi morfologi dengan pola kontur semakin rendah ke dalam, sedangkan *conical hills* memiliki karakteristik berupa elevasi morfologi dengan pola kontur semakin tinggi ke dalam. Dolina pada daerah penelitian merupakan cekungan berbentuk bulat dengan luas rata-rata 0.027 Km², keliling rata-rata 0.727 Km, dan panjang dolina rata-rata 0.250 Km.

Kata Kunci: Daerah Ayah, Karst, Dolina, DEM

ABSTRACT: Karst is a morphological landform characterized by the presence of dissolution generally in limestone and dolomite. The southern Gombang karst area includes the South Serayu Mountains. The research area located in Ayah district, Kebumen Regency, Central Java. This study aims to identify karst morphological landform processes including morphological observations and various forms of dissolution and the process of development through DEM. The methods used in the karst research include landsat image analysis, field observation, and studio analysis including the calculation of the quantitative value of dolina morphometry using ArcGIS 10.4 software. The landform of karst morphology is controlled by morphometric and morphographic factors; lithology with a high level of permeability porosity, and high elevation and slope values that allow the development of vertical drainage which can encourage the formation of karst morphology. Morphographically, the research area is included in low hills with an elevation of 176-200 meters and hills with an elevation of 200 - 400 meters. The study area has both gently slope and sloping slope level indicating the degree of intense dissolving in eroding morphology. Based on the results of the Digital Elevation Model (DEM) image analysis, it is interpreted that the karst area of the Ayah region is in the form of Polygonal Karst, composed of dolina and conical hills. Dolina karst has characteristics in the form of morphological elevation with a lower inward contour pattern, while conical hills have characteristics in the form of morphological elevation with a higher inward contour pattern. Doline in the research area is a round basin with an average area of 0.027 km², an average circumference of 0.727 km, and an average length of 0.250 km of doline.

Keywords: Ayah District, Karst, Doline, DEM.

PENDAHULUAN

Daerah Ayah dan sekitarnya, Kabupaten Kebumen secara fisiografi termasuk ke dalam Zona Serayu Selatan (Husein et al. 2013). Menurut Husein et al. (2013) pembentukan fisiografi orogenic Jawa Tengah dipengaruhi oleh dua jalur pegunungan utama, yakni Zona Serayu Selatan dan Zona Serayu Utara. Secara geokronologi akibat pembentukan kedua jalur pegunungan tersebut berkembangnya cekungan sedimenter di daerah Jawa Tengah salah satunya cekungan Banyumas (Gambar 1).



Gambar 1 Fisiografi zona Serayu Selatan (Husein et al. 2013).

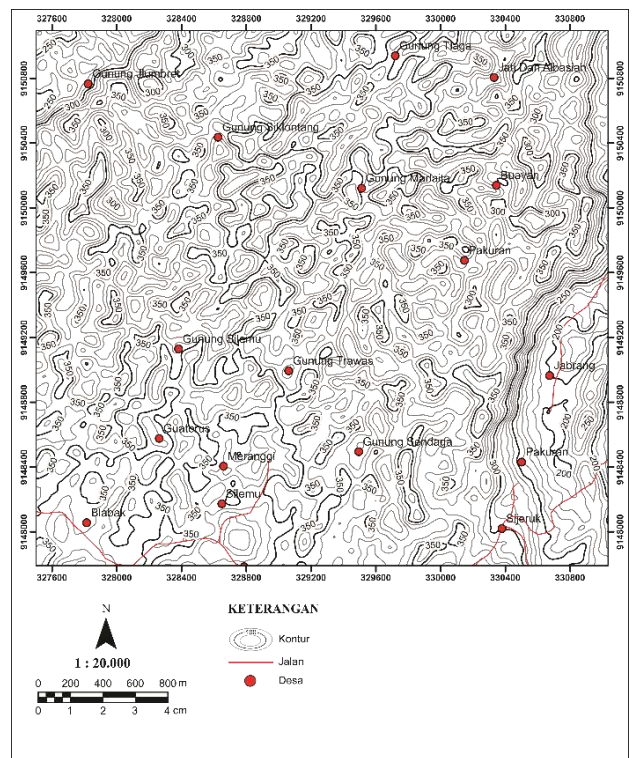
Cekungan Banyumas menurut Purwasatriya et al. (2017) merupakan cekungan sedimenter yang berbatasan di pantai selatan Jawa Tengah. Cekungan Banyumas berhadapan langsung dengan zona subduksi di Samudera Hindia (Arief dan Michiel, 2014). Secara geometri cekungan Banyumas memiliki luas yang berkisar 10.000 Km² atau sekitar 8.000 Km² wilayah cekungan tersebut merupakan daratan dan sisanya air (Oryzavica et al. 2017). Daerah penelitian secara tektonik mengalami indentansi transtensional yang menyebabkan berkembangnya 2 (dua) sesar mendatar yang saling bersilangan yakni Sesar Muria-Kebumen dengan orientasi Timur Laut-Barat Daya dan Sesar Pamanukan-Cilacap yang berorientasi Barat Laut-Tenggara (Purwasatriya, 2014).

Secara regional stratigrafi daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Kalipucang. Formasi Kalipucang terbentuk pada kala Miosen Tengah ketika batugamping terumbu dari Formasi Kalipucang tumbuh menutupi tinggian vulkanik Formasi Gabon (Husein et al. 2013). Morfologi karst tropis di wilayah Indonesia telah menjadi bahan kajian sejak tahun 1900-an (Haryono et al. 2017). Indonesia yang memiliki iklim tropis menjadi daerah yang sangat ideal dalam memberikan laju pelarutan yang

sangat besar yang menjadi faktor penting dalam perkembangan proses karstifikasi (Haryono et al. 2017).

Kondisi geologi dari karst daerah Ayah tersusun atas lapisan batugamping yang relatif tipis berkisar 300 - 350 meter dengan pelamparan batuan yang mencakup area yang kecil (Brahmantyo, 2005). Batugamping daerah Ayah dan sekitarnya terlampar secara tidak selaras pada batuan dasar sehingga menyebabkan batugamping di bagian selatan daerah penelitian lebih tebal dibandingkan pada bagian utara (Haryono et al. 2017).

Karst daerah Ayah terbentuk dari batugamping yang berumur Miosen dan mengalami pengangkatan serta karstifikasi pada akhir Pliosen (Haryono et al. 2017). Secara umum karst daerah Ayah dan sekitarnya dicirikan oleh bentukan lembah yang selaras dan cekungan tertutup yang berjajar dengan 3 pola berbeda yang berasosiasi dengan pola struktural daerah penelitian (Haryono et al. 2017). Lokasi penelitian terletak pada daerah Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah dengan titik koordinat UTM zona 49s 327495-9151095, 331025-9151108, 327507-9147778, dan 331037-9147791, serta luas daerah penelitian 13.7 Km² (Gambar 2).

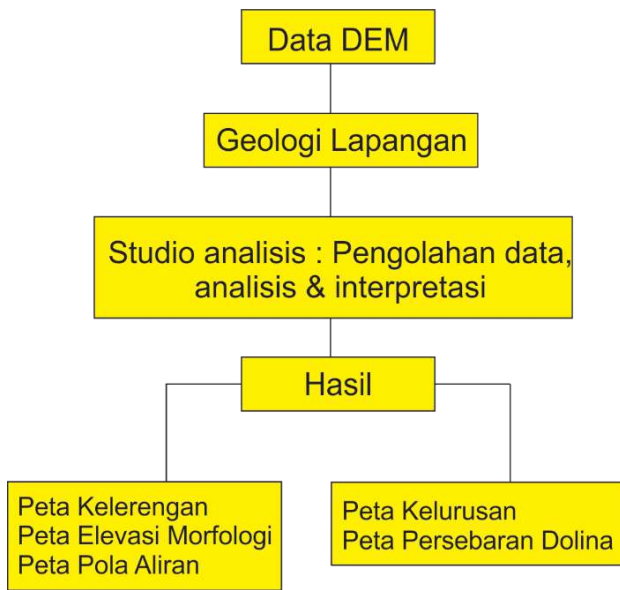


Gambar 2. Basemap daerah Ayah dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian mencakup studi literatur, observasi lapangan, dan analisis studio. Studi literatur berupa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan tema dan lokasi penelitian. Observasi lapangan meliputi

pengambilan data kenampakan morfologi dan deskripsi litologi batuan. Analisis studio mencakup analisis kenampakan morfologi, morfometri, serta morfografi melalui data citra DEM yang dikaitkan dengan hasil observasi lapangan, pembuatan peta pada daerah penelitian, dan kalkulasi morfometri karst dolina (Gambar 3). Metode yang digunakan pada perhitungan morfometri karst dolina mencakup *Calculate Geometry* pada ArcGIS 10.4 untuk menghitung aspek geometri pada interpretasi lahan dolina melalui peta.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

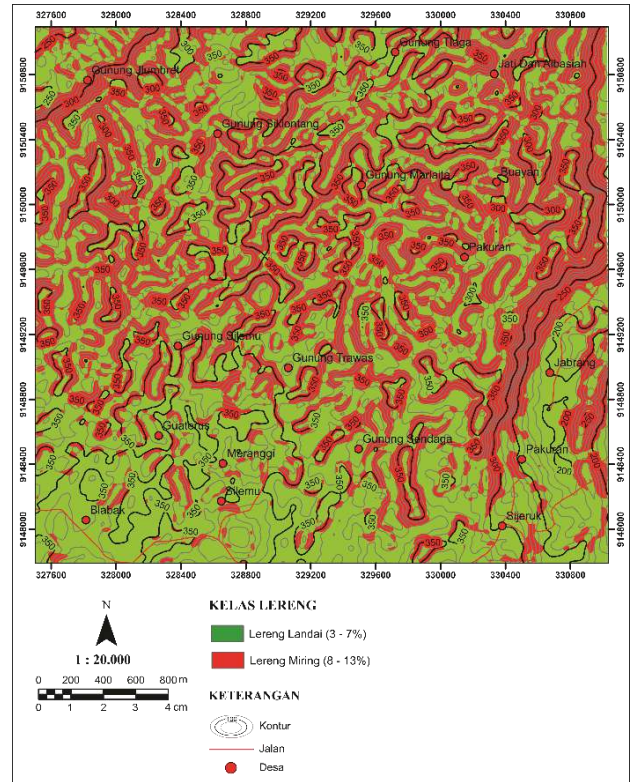
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada daerah penelitian mencakup geomorfologi berupa analisis morfometri, morfografi, analisis melalui DEM, dan pengklasifikasian bentuk lahan karst. Analisis morfometri mencakup pengamatan kelerengan dan pola aliran sungai. Analisis morfografi terfokus kepada pengamatan morfologi berdasarkan aspek elevasi. Analisis melalui DEM memberikan pengamatan terhadap pola kelurusan dan interpretasi bentuk lahan karst daerah penelitian. Hasil dari analisis tersebut di kombinasikan sehingga didapatkan hasil pembagian klasifikasi bentuk lahan karst beserta karakteristiknya.

Analisis Morfometri

Analisis morfometri mencakup pengamatan kelerengan daerah penelitian melalui data DEM dengan interval 10 meter yang selanjutnya diolah sehingga menghasilkan peta kelerengan daerah penelitian (Gambar 3). Berdasarkan hasil pengamatan kelerengan didapatkan

2 kelas lereng berdasarkan klasifikasi Widyatmanti dkk. (2016) yakni lereng landai (3 – 7%), dan lereng miring (8 – 13%). Pada beberapa tempat contohnya di daerah Pakuran, dan Buayan memiliki tingkat kelerengan relatif miring yang mendominasi daerah tersebut. Sementara itu tingkat lereng landai hadir diantara lereng miring (Gambar 4).

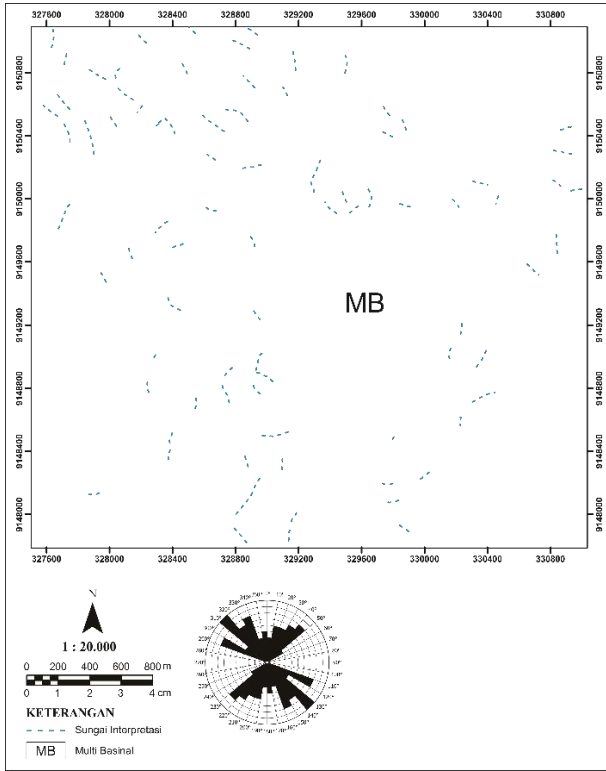


Gambar 4 Peta kelerengan daerah Ayah dan sekitarnya.

Selain melalui pengamatan kelerengan, analisis morfometri daerah penelitian juga diperoleh melalui pengamatan pola aliran sungai daerah penelitian. Pola aliran pada sungai juga dapat menjadi salah satu faktor yang menginterpretasikan tahapan proses geomorfologi yang telah terjadi pada daerah penelitian. Menurut Twidale (2002) beberapa hal yang mempengaruhi terbentuknya pola aliran sungai ialah jenis litologi, kontrol struktur pada daerah penelitian yang tergambar pada pola pengaliran sungai yang berkembang.

Secara umum pola pengaliran daerah penelitian diinterpretasikan dalam kategori Multi Basinal. Pola multi basinal pada daerah penelitian diinterpretasikan memiliki arah relatif Barat Laut-Tenggara. Pola pengaliran ini berkembang pada bentuk lahan karst yang diinterpretasikan memiliki *runoff area* pada tinggian karst menuju *catchment area* pada morfologi negatif karst. Pola pengaliran tersebut bertanggung jawab penuh terhadap proses pelarutan yang membentuk kenampakan morfologi

karst daerah penelitian. Adanya pola pengaliran Multi-Basinal menjadi salah satu aspek utama dalam perkembangan cekungan dolina, hal tersebut dikarenakan pelarutan efek yang intens menyebabkan terkikisnya batugamping dan membentuk dolina (Gambar 5).



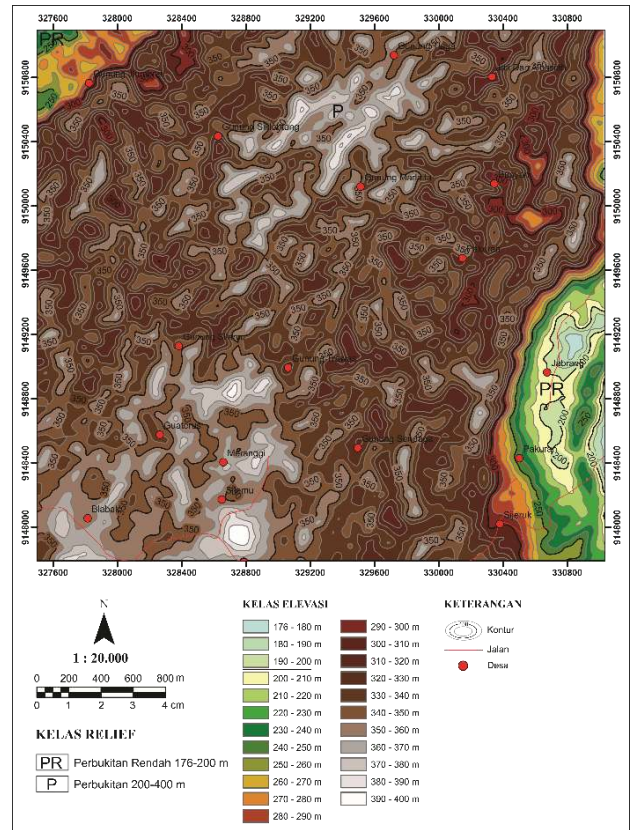
Gambar 5 Peta pola aliran daerah Ayah dan sekitarnya.

Analisis Morfografi

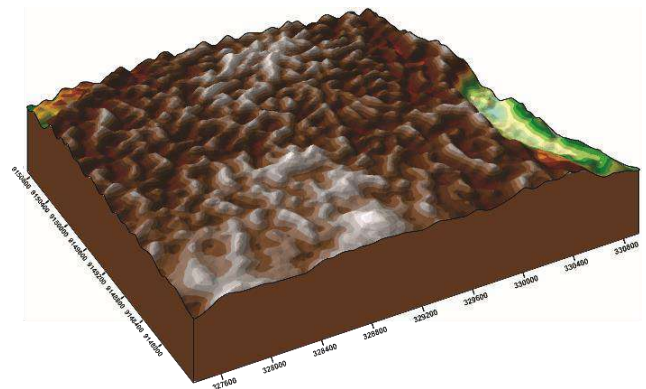
Morfografi membahas unit bentuk lahan berdasarkan nilai kualitatif morfologi daerah penelitian. Objek dari ilmu ini merupakan permukaan bumi sebagai elemen bentuk lahan yang mempelajari penjelasan secara deskriptif atau gambaran yang diobservasi langsung berdasarkan dari bentuk lahan dan hasil interpretasi yang ada di lapangan. Analisis morfografi mencakup pengamatan morfologi berdasarkan aspek elevasi melalui data DEM dengan interval 10 meter. Kenampakan dari keadaan morfologi yang terdapat pada daerah penelitian tergambar pada peta elevasi morfologi. x (Widyatmanti, 2016).

Pola persebaran perbukitan rendah pada daerah penelitian terletak di daerah Pakuran. Sementara itu pola persebaran perbukitan tersebar secara merata hampir pada seluruh daerah penelitian (Gambar 6). Berkembangnya perbukitan dan perbukitan rendah diinterpretasikan hasil dari proses tektonik dan proses permukaan yang secara aktif saling berkaitan dalam membentuk relief morfologi daerah penelitian. Proses tektonik berperan dalam

pembentukan arah relatif kelurusan topografi, sedangkan proses permukaan berperan dalam pembentukan kenampakan karst melalui aspek pelarutan pada batugamping terhadap air.



Gambar 6 Peta elevasi morfologi daerah Ayah dan sekitarnya.

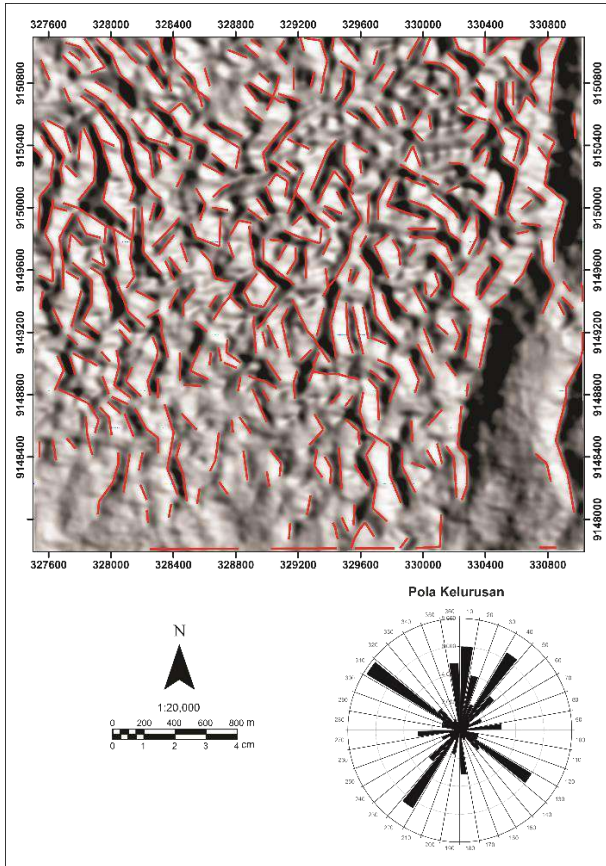


Gambar 7 Diagram blok elevasi morfologi daerah Ayah dan sekitarnya.

Analisis Pola Shear

Pola kelurusan topografi daerah penelitian dianalisis menggunakan pengindraan jarak jauh melalui data DEM. Dari hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan bahwa pola kelurusan *shear* daerah penelitian memiliki arah

relatif Barat Laut-Tenggara dan Timur Laut-Barat Daya. Arah kelurusan tersebut diinterpretasikan berkembang dari hasil proses tektonik kompresi Pulau Jawa yang relatif berorientasi Utara-Selatan (Satyana, 2007). Penarikan pola *shear* daerah penelitian difokuskan pada topografi negatif karst. Hal tersebut dikarenakan terlihatnya rekam jejak struktural berupa *jointing system* yang terlarutkan efek dari pelarutan gamping (Gambar 8).

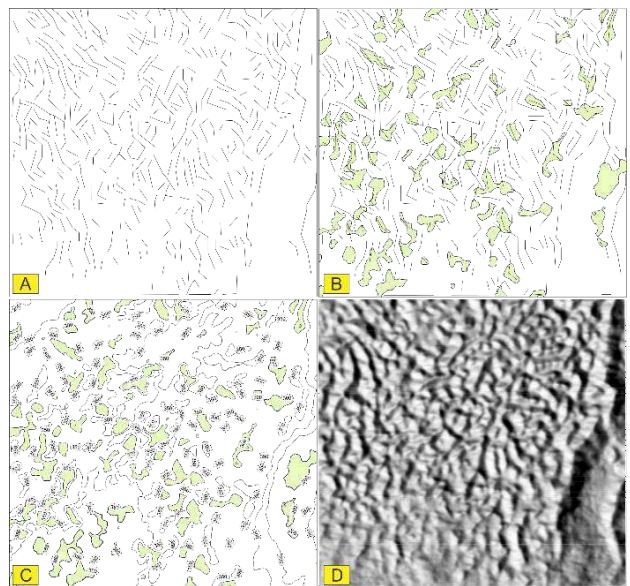


Gambar 8 Peta pola kelurusan daerah Ayah dan sekitarnya.

Kenampakan kelurusan topografi tersebut berimplikasi pada perkembangan genetik karst poligonal daerah penelitian. Implikasi tersebut berupa pensejajaran *conical hills* diantara dolina yang searah dengan orientasi pola *shearing* topografi utama yakni Barat Laut-Tenggara serta Timur Laut-Barat Daya. Pola sungai yang mengerosi bentuk lahan karst daerah penelitian juga mengalir mengikuti pola kelurusan tersebut sehingga meninggalkan rekam jejak yang dapat dianalisis arah kemenerusannya. Sehingga diinterpretasikan bahwa proses perkembangan bentuk lahan karst daerah penelitian juga dipengaruhi oleh faktor tektonik, hal tersebut diidentifikasi berdasarkan pola *shear* daerah penelitian yang disebabkan oleh kompresi tektonik.

Proses Pembentukan Poligonal Karst

Poligonal karst merupakan bentuk lahan karst yang terbagi menjadi kumpulan *conical hills* diantara dolina yang memiliki rasio luas hampir seimbang (Haryono et al. 2004). Proses pembentukan Poligonal Karst dimulai dengan berkembangnya kekar pada daerah penelitian yang membentuk pola *shear* dengan orientasi relatif Barat Laut-Tenggara dan Timur Laut-Barat Daya. Perkembangan *shear* tersebut diinterpretasikan akibat *frontal tectonic compression* Jawa yang relatif berorientasi Utara-Selatan (Satyana, 2004). Selanjutnya titik perpotongan dari pola *shear* daerah penelitian merupakan zona lemah yang menjadi titik awal berkembangnya proses pelarutan. Ketika proses pelarutan mulai berkembang, terbentuk titik depresi pada zona lemah. Titik depresi juga berkembang di area sekitar zona lemah, sehingga titik tersebut mempercepat proses perkembangan titik depresi yang berada pada zona lemah. Pada akhirnya kumpulan titik depresi menyatu dan membentuk jaringan karst poligonal pada permukaan. Proses tersebut umumnya terbagi menjadi empat fase sebagai berikut (Gambar 9).



Gambar 9 (A) *Shear* dan *Tension Joint Sytem* daerah penelitian, (B) Perpotongan antar kekar membentuk perkembangan pelarutan, (C) Perkembangan pelarutan menghasilkan kumpulan titik depresi pada permukaan, dan (D) Kumpulan titik depresi yang membentuk jaringan Karst poligonal pada daerah penelitian (William, 1972).

Daerah penelitian didominasi oleh bentuk lahan karst dengan tipe poligonal. Hal tersebut diinterpretasikan melalui perspektif dari kumpulan morfometri dolina. Pada daerah penelitian bukit yang terbentuk berupa *conical hills* dengan elevasi rata-rata 350 mdpl dan lereng relatif miring 8 – 13% berdasarkan klasifikasi Widyatmanti (2016) (Gambar 10).



Gambar 10 Kenampakan morfologi *Conical Hills*.

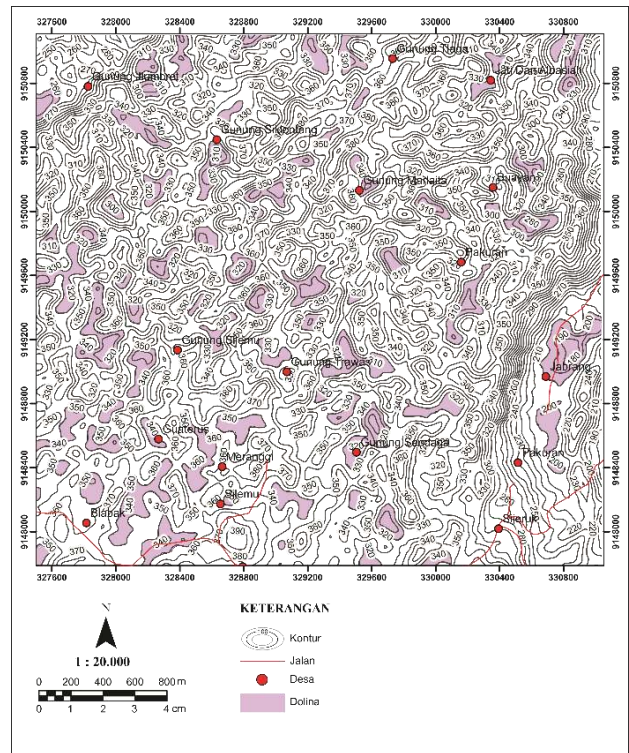
Tabel 1 Morfometri Karst Dolina daerah penelitian.

Parameter	Rentang	Rata-Rata
Luas (km ²)	0.002 – 0.089	0.027
Keliling (km)	0.167 – 1.979	0.727
Panjang (km)	0.053 – 0.635	0.250

Perhitungan morfometri dolina diperoleh melalui hasil analisis dan pengamatan terhadap 73 dolina yang tersebar di seluruh daerah penelitian. Berdasarkan hasil tersebut dapat diidentifikasi bahwa rata-rata luas dolina relatif berkisar 0.027 Km² dengan rentan luas minimum 0.002 Km² dan maksimum 0.089 Km², keliling dolina yang rata-rata berkisar 0.727 Km dengan rentan minimum dan maksimum 0.167 – 1.979 Km, dan panjang rata-rata dolina berkisar 0.250 Km dengan rentan minimum dan maksimum 0.053 – 0.635 Km (Gambar 11).

Bentuk dolina daerah penelitian yang diamati melalui analisis pengindraan jarak jauh menggunakan data DEM mengidentifikasi karakteristik dolina yang dominan berbentuk asimetri dan berbentuk simetri di beberapa tempat. Dolina asimetri diinterpretasikan terbentuk melalui 2 tahapan pembentukan, pertama dolina terbentuk melalui aliran air permukaan yang berasal dari tinggian karst lalu masuk ke dalam ponor. Aliran air yang masuk ke dalam ponor tersebut melarutkan sisi permukaan sehingga membentuk lereng yang relatif lebih landai dibandingkan permukaan yang tidak terlarutkan oleh air tersebut. Fase selanjutnya faktor struktural mempengaruhi pembentukan dolina dan menyebabkan lereng dolina memiliki kemiringan yang searah dengan kemiringan batuan. Sehingga di beberapa lokasi pada daerah penelitian ditemukan dolina dengan lereng bagian atas yang lebih landai dibandingkan dengan lereng bagian bawah dolina tersebut. Secara planar dolina daerah penelitian diinterpretasikan berbentuk lonjong dan memanjang mengikuti pola kelurusan topografi sehingga dapat diasumsikan bahwa perkembangan dolina tersebut dikontrol oleh faktor struktural baik berupa kekar maupun sesar. Berdasarkan hasil identifikasi karakteristik tersebut genetika dolina daerah penelitian termasuk ke dalam pembentukan melalui proses pelarutan yang

terkonsentrasi terhadap perkembangan struktur (Bogli, 1980).



Gambar 11 Peta persebaran Dolina daerah Ayah dan sekitarnya.

KESIMPULAN

Morfologi daerah penelitian termasuk ke dalam bentuk lahan poligonal karst dengan komposisi bentuk lahan tersusun atas *conical hills* dan dolina. *Conical hills* daerah penelitian memiliki karakteristik elevasi yang relatif berkisar 350 mdpl dengan keterengn yang relatif miring. Dolina daerah penelitian memiliki karakteristik luas rata-rata dolina yang relatif berkisar 0.027 Km² dengan rentan luas minimum 0.002 Km² dan maksimum 0.089 Km², keliling dolina yang rata-rata berkisar 0.727 Km dengan rentan minimum dan maksimum 0.167 – 1.979 Km, dan panjang rata-rata dolina berkisar 0.250 Km dengan rentan minimum dan maksimum 0.053 – 0.635 Km. Secara morfografi daerah penelitian termasuk kedalam perbukitan rendah (176-100 mdpl) dan perbukitan (200-400 mdpl), serta secara morfometri termasuk kedalam tingkat keterengn landai dan miring dengan pola aliran sungai yang termasuk kedalam pola pengaliran multi basinal dengan arah relatif sungai Barat Laut-Tenggara. Proses pembentukan bentuk lahan poligonal karst termasuk kedalam proses pelarutan yang terkonsentrasi dengan pola struktural yang berkembang di daerah penelitian. Hal tersebut diinterpretasikan melalui

pola kelurusan morfologi daerah penelitian yang relatif berorientasi Barat Laut-Tenggara dan Timur Laut-Barat Daya dengan arah gaya kompresi relatif berarah Utara-Selatan, relevan dengan kompresi tektonik utama Jawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, W., and Michiel, D., (2014). Determination of coastal belt in the disaster prone area: A case study in the coastal area of Bantul Regency, Yogyakarta, Indonesia, *Indonesian Journal of Geography* Vol.46 No.2, December 2014, pp.125-137.
- Bogli, (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer-Verlag.
- Brahmantyo, B., (2005): *Perkembangan Bentangalam Karst Gombang Selatan, Dengan Geologi Sebagai Faktor Kendali*. -PhD thesis. Institut Teknologi Bandung, pp.182.
- Haryono, E., Adji, T.N., (2004). *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta. Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Haryono, E., Putro, S., (2017). *Polygonal Karst Morphology of Karangbolong Area, Java-Indonesia*, Postojna, *Acta Carsologica*.
- Husein S., Jyalita J., Azis M., (2013). *Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi pada Rembesan Hidrokarbon Sijunggung, Cekungan Serayu Utara*. *Proceedings of Seminar Nasional 6th Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta*. Loganatham, N., Balasubramaniam, A.S. and Bergado, D.T. (1993). *Deformation analysis of embankments*. *J. Geotech. Engrg. ASCE*. 199(8):1185-1206.
- Oryzavica, V., Aulia, K.N., Hendrawan, R.N., Chandra, A., (2016). *What Happen In Banyumas Basin? An Overview Of Geological Condition In Cipari Area*. *Proceedings, Geosea xiv Congress And 45th Iagi Annual Convention 2016 (GIC 2016)*, Bandung.
- Purwasatriya, E.B., (2014). *Tinjauan kembali potensi hidrokarbon Cekungan Banyumas berdasarkan data geologi dan geofisika*, *Proceeding Seminar Kebumihan Ke-7*, Yogyakarta.
- Purwasatriya, E.B., Surjono, S.S., dan Amijaya, D.H., (2017). *Oligocene-Pleistocene Paleogeography Within Banyumas Basin And Implication To Petroleum Potential*. *3rd International Conference of Science and Technology (ICST) UGM, Yogyakarta, 2017*. Moustakas, N. (1990). *Relationship of morphological and physicochemical properties of Vertisols under Greek climate conditions*. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greek.
- Satyana, A.H., (2007). *Central Java, Indonesia – a “Terra Incognita” in Petroleum Exploration: New Considerations on the Tectonic Evolution and Petroleum Implications*, *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 31st Annual Convention and Exhibition*, Jakarta.
- Twidale, C.R. (2002). *River Patterns And Their Meaning*. *Earth-Science Reviews* 67. p:159–218.
- Widyamanti, Wirasatuti, Ikhsan Wicaksono, Prima Dinta Rahma Syam. (2016). *Identification Of Topographic Elements Composition Based On Landform Boundaries From Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study On Digital Landform Mapping)*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.