

KARAKTERISTIK MORFOLOGI CEKUNGAN KARST GUNUNGSEWU MALALUI DATA GDEM ASTER

Eko Budiyanto *)

Abstrak : Kawasan karst memiliki karakteristik alamiah yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain. Pemahaman tentang karakteristik alamiah suatu tempat di daerah karst sangat penting dalam kaitannya dengan pengelolaan wilayah karst. Penelitian ini mengkaji karakteristik morfologi cekungan karst Gunungsewu didasarkan pada parameter pola persebaran cekungan, kemiringan lereng cekungan, dan kekasaran permukaan karst. Data pokok yang digunakan adalah data GDEM ASTER dan diolah dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper 11, dan Quantum GIS. Pola persebaran cekungan dianalisis dengan menggunakan tool Nearest Neighbour. Kemiringan lereng diukur melalui profiling DEM. Kekasaran permukaan diukur dengan menggunakan tool Ruggedness Index. Uji beda dilakukan dengan menggunakan statistik uji T. Hasil pengukuran diketahui bahwa terdapat variasi pada parameter penelitian diseluruh area karst Gunungsewu. Area karst gunungsewu memiliki pola persebaran cekungan yang acak. Kemiringan lereng cekungan terkecil terdapat disebelah barat dan semakin meningkat hingga sisi timur. Untuk kekasaran permukaan diketahui bahwa karst gunungsewu memiliki kekasaran permukaan dari level datar hingga intermediately rugged dan moderately rugged.

Kata Kunci : morfologi cekungan karst, GDEM ASTER

PENDAHULUAN

Morfologi kawasan karst seperti Gunungsewu terbentuk oleh adanya proses karstifikasi yang terjadi dalam kurun waktu geologi. Proses karstifikasi dikontrol oleh beberapa hal yaitu karakteristik batuan karbonat, curah hujan, dan ketinggian penyingkapan (Haryono dan Adjie, 2004). Karakteristik batuan karbonat meliputi kekompakan, ketebalan, banyaknya rekahan yang ada serta kemudahan terlarutnya. Batuan karbonat yang kompak dan tebal dengan memiliki banyak celah lebih berpotensi

mengalami proses karstifikasi. Proses karstifikasi tersebut selanjutnya ditentukan oleh curah hujan yang turun pada wilayah tersebut. Curah hujan yang tinggi lebih memungkinkan terjadinya pelarutan, terlebih jika air hujan tersebut banyak mengandung CO₂. Ketinggian singkapan mempengaruhi lamanya air bergerak dalam rekahan vertikal batuan karbonat. Semakin lama pergerakan air pada rekahan vertikal akan memperbesar peluang air tersebut melarutkan batuan karbonat. Kecepatan proses karstifikasi selanjutnya dipengaruhi oleh keberadaan

*) Eko Budiyanto adalah dosen Jurusan Pendidikan Geografi FIS Unesa

vegetasi penutup dan temperatur. Vegetasi penutup menghasilkan sersah yang lama-kelamaan akan hancur. Hancuran sersah tersebut merupakan sumber CO₂ yang bersama dengan air akan melarutkan batuan karbonat.

Proses pelarutan tersebut membentuk muka dari permukaan karst dan juga bentuk bagian dalam batuan tersebut. Bentuk luar berupa bukit dan lembah, sementara bentuk bagian dalam berupa sungai bawah tanah beserta semua speleothemnya. Proses pelarutan terus terjadi selama batuan karbonat tersebut bersinggungan dengan air yang mengandung karbondioksida seperti air hujan. Hasilnya adalah perubahan bentuk permukaan ataupun bawah permukaan karst yang terus terjadi secara perlahan.

Cekungan karst merupakan satu bentuk fitur karst permukaan karst yang dapat menjadi indikator penting untuk karakterisasi tingkat perkembangan karst (Haryono, 2010). Cekungan karst seperti sinkhole juga dapat digunakan sebagai dasar dalam penilaian kondisi infiltrasi permukaan (Tezcan dan Ekmekci, 2004), yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penilaian kerentanan medan karst. Lindsey *et al.* (2009) menyimpulkan bahwa analisis terhadap kepadatan sinkhole dapat digunakan sebagai dasar

penilaian kerentanan akuifer karst terhadap pencemaran yang efektif.

Kawasan karst Gunungsewu sebagian besar berupa perbukitan dan lembah karst. Kusumayudha (2010) menyebutkan bahwa kawasan karst gunungsewu terbagi menjadi tiga bagian yang memiliki karakteristik yang berbeda. Karakterisasi didasarkan pada lithofasies karst Gunungsewu.

Klasifikasi kawasan karst Gunungsewu juga dilakukan oleh Purnomo dan Sugeng (2005) melalui data citra Landsat TM 7 dan menyimpulkan bahwa kawasan karst tersebut terbagi menjadi kawasan karst kelas 1, kelas 2 dan kelas 3. Kawasan karst kelas 1 dicirikan oleh morfologi permukaan berupa jaringan lembah sungai yang berakhir pada suatu tempat, memiliki lembah yang relatif lebar dan panjang yang mencirikan proses karstifikasi yang intensif. Kawasan ini tersebar dibagian tengah karst Gunungsewu. Kawasan karst kelas 2 merupakan kawasan pengimbuhan air sungai bawah tanah dengan kelurusan lembah yang pendek dan sempit. Kawasan kelas 2 tersebar didaerah Girisubo dan Purwosari. Kawasan karst kelas 3 dicirikan oleh perbukitan yang melengkung akibat perbedaan batuan

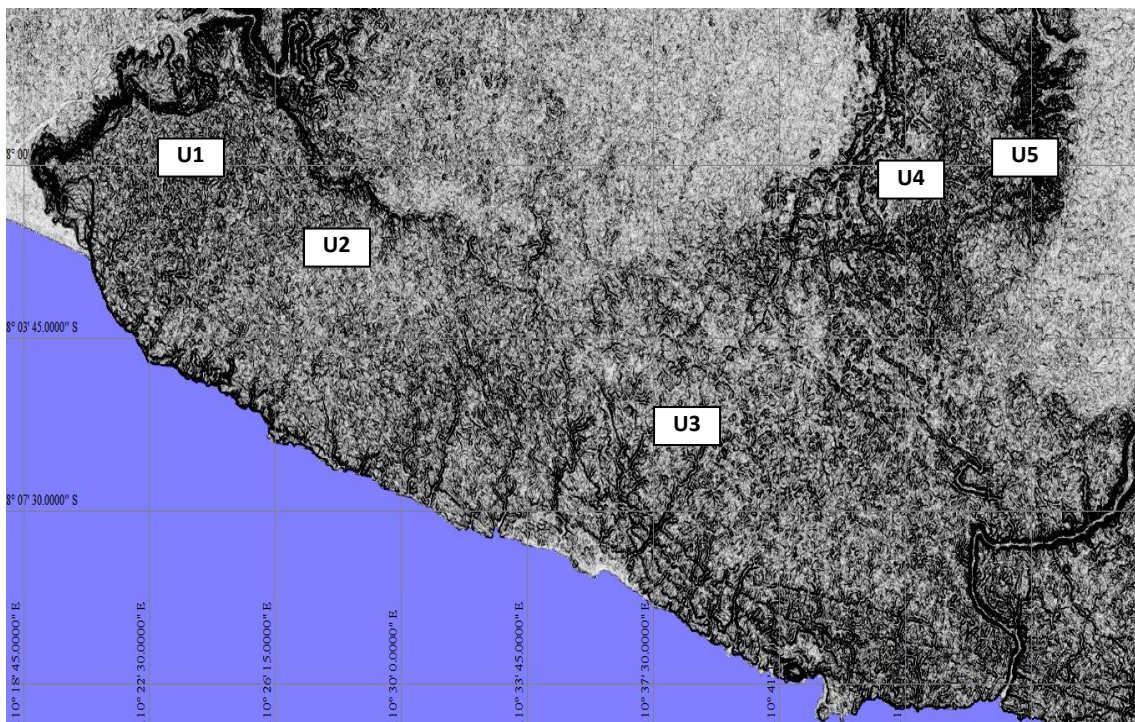
penyusunnya. Kawasan ini tersebar disekitar Wonosari.

Karakterisasi permukaan karst memiliki arti penting diantaranya dalam kaitan dengan pencirian kerentanan medan karst. Perbedaan karakter permukaan dapat mengindikasikan tingkat infiltrasi seperti disebutkan oleh Werz dan Hotzl (2007), Lindsey *et al.* (2009), dan Plan *et al.* (2009). Penelitian ini mencoba melakukan karakterisasi morfologi cekungan karst Gunungsewu dengan mendasarkan data DEM.

METODE PENELITIAN

Data utama dalam penelitian ini adalah citra GDEM ASTER yang diperoleh dari earthexplorer.usgs.gov.

Data GDEM Aster ditampilkan dan diolah dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper 11. Citra GDEM ASTER kawasan karst Gunungsewu dibagi menjadi beberapa unit analisis dengan dasar kemiripan tekstural hasil operasi *slope shader*. Pada masing-masing unit analisis tersebut dibuat sebuah plot pengukuran dengan lebar setara dengan 2 x 2 km di lapangan. Karakterisasi dilakukan terhadap morfologi cekungan karst yaitu terkait pola sebaran cekungan, kelerengan, dan kekasaran permukaan cekungan. Gambar 1 menyajikan sebaran unit analisis.



Gambar 1. Unit analisis (U) didasarkan kemiripan tekstural *slope shader*

Faktor pola sebaran cekungan dihitung dengan mendasarkan pada sebaran titik *centroid* dari poligon cekungan. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pembentukan kontur dari data GDEM ASTER. Data vektor kontur turunan GDEM ASTER tersebut selanjutnya dipotong sesuai dengan plot ukur dari masing-masing unit analisis. Analisis cekungan dilakukan pada data kontur pada masing-masing plot ukur tersebut. Cekungan ditentukan dengan memilih kontur yang membentuk poligon tertutup dengan indek elevasi yang menurun ke bagian tengah poligon. Kontur yang diyakini berupa sebuah punggung atau bentukan positif ataupun kontur tidak membentuk poligon tertutup akan dihapus. Data kontur yang merepresentasikan sebuah cekungan diubah menjadi tipe poligon. Titik *centroid* dari masing-masing poligon tersebut dibentuk dengan menggunakan tool *Centroid* pada Quantum GIS. Data vektor centroid tersebut selanjutnya dianalisis pola sebarannya dengan menggunakan tool *Nearest Neighbour* pada Quantum GIS.

Faktor kelerengan yang diukur yaitu parameter kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang dimaksud adalah

kemiringan lereng (*slope*) terbesar yang diukur dari dasar cekungan. Panjang lereng adalah panjang lereng yang memiliki kemiringan lereng terbesar, diukur dari titik terendah awal perubahan slope hingga titik tertinggi akhir dari perubahan slope. Pengukuran dilakukan pada dinding cekungan sampel dengan menggunakan *3D Path Profile* pada *Global Mapper 11*. Faktor kelerengan selanjutnya dilakukan uji statistik untuk mengetahui signifikansi perbedaan karakter antar lokasi sampel tersebut.

Citra GDEM ASTER dipotong tiap lokasi unit analisis. Citra GDEM ASTER dari lokasi unit analisis yang akan diolah diaktifkan. Selanjutnya faktor kekasaran permukaan dihitung dengan menggunakan tool *Ruggedess Index* pada Quantum GIS. Nilai indek kekasaran diperoleh dari metadata hasil proses pengolahan tersebut. Indek kekasaran dari masing-masing lokasi sampel selanjutnya dilakukan uji statistik untuk mengetahui perbedaan antar lokasi sampel tersebut. Uji beda karakteristik antar lokasi sampel dilakukan dengan uji T menggunakan *Gnumeric Spreadsheet*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola persebaran cekungan

Analisis pola persebaran cekungan di seluruh daerah penelitian menunjukkan kemiripan karakteristik yaitu tersebar dengan pola acak. Hasil analisis tetangga terdekat menghasilkan nilai seperti yang disajikan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sel uruh sampel pada tiap unit analisis menunjukkan nilai indek tetangga terdekat memiliki nilai mendekati angka 1 yang berarti memiliki pola persebaran yang acak. Namun demikian jika dibuat tingkat keberaturannya, maka dapat dinyatakan bahwa unit analisis 3 memiliki tingkat paling acak dan unit

analisis 4 merupakan unit yang paling mengarah pada persebaran yang lebih teratur. Secara visual nampak unit analisis 3 berasosiasi dengan banyaknya kelurusan struktural.

Faktor kelerengan

Analisis kelerengan yang diukur adalah kemiringan lereng. Analisis kemiringan lereng menunjukkan nilai rerata kemiringan lereng yang bervariasi diantara seluruh unit analisis penelitian. Kemiringan lereng rata-rata pada seluruh unit analisis berkisar antara 16° hingga 21°. Nilai rerata kemiringan lereng hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Nilai Indeks Tetangga Terdekat *Sentroid* Cekungan

Faktor Hitung	Unit Analisis				
	1	2	3	4	5
Jarak rata-rata yang diobservasi	0.00174	0.00139	0.00215	0.00227	0.00222
Jarak rata-rata yang diharapkan	0.00131	0.00112	0.00180	0.00153	0.00161
Indeks tetangga terdekat	1.321	1.241	1.198	1.481	1.380

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 2. Rerata Kemiringan Lereng Cekungan

Faktor hitung	Unit Analisis (satuan = °)				
	1	2	3	4	5
Rerata Kemiringan	16,19	14,32	17,89	21,63	20,26
Standar deviasi	5,61	4,91	5,84	7,26	7,62

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa rerata kemiringan lereng terbesar terdapat pada daerah unit analisis 4 yaitu sebesar 21,63°. Daerah ini berasosiasi dengan perbukitan karst yang tinggi pada kondisi lapangan yang sebenarnya. Rerata kemiringan lereng terkecil terdapat pada daerah unit analisis 2 yang memiliki visualisasi tekstural paling halus. Daerah unit analisis 2 ini memiliki kondisi lapangan dengan cekungan-cekungan berlereng relatif lebih landai dan luas. Jika dilihat variansi kemiringan lerengnya dapat diketahui bahwa pada unit analisis 5 memiliki variansi yang paling tinggi sementara daerah unit analisis 2 merupakan daerah dengan kemiringan lereng yang relatif paling seragam. Kemiringan lereng rata-rata semakin meningkat dari unit analisis 2 hingga unit analisis 4, sementara itu variasi kemiringannya semakin meningkat dari unit analisis 2 hingga unit analisis 5. Hasil uji beda melalui T-test

diketahui bahwa perbedaan kemiringan yang ada pada seluruh area unit analisis tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Kekasaran Permukaan

Klasifikasi kekasaran permukaan didasarkan pada indek kekasaran permukaan Riley *et al.* (1999) yang disajikan pada Tabel 3. Hasil pengukuran kekasaran permukaan karst pada seluruh unit analisis diperoleh hasil seperti pada Tabel 4. Dari Tabel 4 tersebut diketahui bahwa seluruh unit analisis memiliki area yang datar hingga tingkat kekasaran *Intermediately rugged* dan *Moderately rugged*. Unit analisis 1, 4 dan 5 memiliki tingkat kekasaran permukaan hingga level *moderately rugged*, sedangkan unit analisis 2 dan 3 memiliki tingkat kekasaran permukaan hingga *intermediately rugged*. Unit analisis 2 merupakan unit analisis dengan kekasaran permukaan paling datar.

Tabel 3. Indek Kekasaran Permukaan Riley

<i>Ruggedness Classification</i>	<i>Ruggedness Index Value</i>
<i>Level</i>	0 – 80 m
<i>Nearly Level</i>	81 – 116 m
<i>Slightly Rugged</i>	117 – 161 m
<i>Intermediately Rugged</i>	162 – 239 m
<i>Moderately Rugged</i>	240 – 497 m
<i>Highly Rugged</i>	498 – 958 m
<i>Extremely Rugged</i>	959 – 4397 m

Sumber : Riley *et al.* (1999)

Tabel 4. Rerata Kekasaran Permukaan

Faktor Hitung	Unit Analisis (m)				
	1	2	3	4	5
Nilai Minimal	0	0	0	0	0
Nilai Maksimal	252.65	223.73	226.02	254.19	258.94
Rata-rata	78.41	52.41	56.42	77.97	70.03
Standar Deviasi	54.90	33.07	31.49	51.51	56.86

Sumber : Hasil perhitungan

Hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa sebagian besar unit analisis memiliki perbedaan kekasaran permukaan yang signifikan, kecuali unit analisis 1 dibandingkan dengan unit analisis 4. Kekasaran permukaan unit analisis 1 tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan kekasaran permukaan unit analisis 4. Pada kedua unit analisis tersebut berupa perbukitan karst dengan cekungan lembah berlereng terjal. Tabel 5 menyajikan hasil uji beda T-test.

Dari tabel tersebut diketahui bahwa sebagian besar nilai t hitung berada lebih besar ataupun lebih kecil dari nilai ambang batas penerimaan yaitu $\pm 1,960$. Nilai t hitung yang berada pada daerah penerimaan hanya dihasilkan dari hasil perbedaan unit analisis 1 dengan unit analisis 4 yaitu sebesar $-0,38$, yang berarti pada kedua unit analisis tersebut memiliki kesamaan tingkat kekasaran rata-ratanya.

Tabel 5. Nilai Uji Beda Dengan T-test Pada Taraf Signifikansi 5%

Unit Analisis	1	2	3	4	5
1	-	26,59	-22,77	-0,38	-6,95
2	-	-	5,76	27,37	17,56
3	-	-	-	23,39	-13,72
4	-	-	-	-	6,78
5	-	-	-	-	-

Sumber : Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

1. GDEM Aster dapat digunakan dengan baik untuk karakterisasi morfologi permukaan karst. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan SIG sangat membantu dalam proses analisis morfologi tersebut.

2. Karst gunungsewu memiliki keragaman karakteristik yang menyebar dari barat hingga timur. Keragaman karakteristik tersebut didasarkan pada parameter pola persebaran cekungan, kemiringan

lereng, dan kekasaran permukaan karst.

3. Berdasar pada parameter pola persebaran cekungan diketahui seluruh area karst gunungsewu memiliki pola persebaran cekungan yang acak. Pola keberaturan cekungan tersebut dimungkinkan terdapat keterkaitan dengan bentuk cekungan pada masing-masing unit analisis.
4. Berdasar parameter kemiringan lereng cekungan diketahui bahwa kemiringan lereng terkecil terdapat disebelah barat (unit analisis 2) dan semakin meningkat hingga sisi timur (unit analisis 4) yang berasosiasi dengan perbukitan karst tinggi.
5. Berdasar parameter kekasaran permukaan diketahui bahwa seluruh area karst gunungsewu memiliki kekasaran permukaan dari level datar hingga *intermediately rugged* dan *moderately rugged*. Sebagian besar dari unit analisis memiliki perbedaan tingkat kekasaran permukaan rata-rata yang signifikan. Kesamaan tingkat kekasaran permukaan rata-rata hanya pada unit analisis 1 dengan unit analisis 4.

PERNYATAAN

Pengukuran parameter dalam penelitian ini sepenuhnya didasarkan pada data GDEM ASTER dan tidak dilakukan cek lapangan sehingga dimungkinkan penelitian lanjutan dengan menyertakan pengujian lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Haryono, E., Adji, T.N., 2004. Geomorfologi dan Hidrologi Karst. *Bahan Ajar*. Kelompok Studi Karst. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Kusumayudha, S.B., 2005. *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*. Penerbit Adicita. Yogyakarta.
- Purnomo, H., Sugeng, 2005. Klasifikasi Kawasan Karst Menggunakan Landsat TM 7 Daerah Wonosari Yogyakarta. *Makalah PIT MAPIN XIV*. Surabaya.
- Plan, L., Decker, K., Faber, R., Wagneich, M., Grasemann, B., 2009. Karst Morphology and Groundwater Vulnerability of High Alpine Karst Plateaus. *Environ Geol.* 58: 258-297. DOI: 10.1007/s00254-008-1605-5
- Riley, S., J., DeGloria, S., D., Elliot, R., 1999. A Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity. *Intermountain Journal of Science*. Vol. 5. 1 – 4. P. 23-27.

Tezcan, L. dan Ekmekci, M., 2004. Surface Cover Infiltration Index: a Suggested Method to Assess Infiltration Capacity for Intrinsic Vulnerability in Karstic Areas in Absence of Quantitative Data. *Int. J. Speleol*, 33: 35-48.

Werz, H., dan Hotzl, H., 2007. Groundwater Risk Intensity Mapping in Semi Arid Regions Using Optical Sensing Data as an Additional Tool. *Hydrogeology Journal*. 15: 1031-1049 DOI: 10.1007/s10040-007-0202-0