

ANALISIS MORFOMETRI MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN SUB DAS PRIORITAS (STUDI KASUS MITIGASI BENCANA BANJIR BANDANG DI DAS GARANG JAWA TENGAH)

Henky Nugraha¹Ahmad Cahyadi²,

¹Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

²Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS)

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Email: nugrahenky@gmail.com

Abstrak

Banjir bandang merupakan bencana yang sering terjadi di DAS Garang Jawa Tengah, dengan rata-rata kejadian 2 kali dalam setahun. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian terkait mitigasi bencana banjir bandang di DAS Garang agar risiko di masa mendatang dapat diminimalisir. Tujuan penelitian ini yaitu bertujuan untuk memahami karakteristik hidrologi DAS Garang menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menentukan subDAS prioritas berdasarkan parameter morfometri sebagai upaya mitigasi bencana banjir bandang. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data vektor jaringan sungai dan peta topografi skala 1 : 25.000 terbitan Bakosurtanal. Metode yang digunakan adalah analisis morfometri DAS yang terdiri dari Bifurcation Ratio (Rb), Drainage density (Dd), Stream Frequency (Fs), Texture Ratio (T), Basin Relief (Bh), Relief Ratio (Rh), Ruggedness Number (Rn), Form Factor (Rf), Length of Overland Flow (Lof), dan Constant Channel Maintenance (C) menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Penentuan hubungan antar parameter morfometri ditentukan dengan analisis korelasi menggunakan software SPSS 18. Parameter morfometri terkait kemampuan menahan air ditumpangsusun untuk memperoleh nilai prioritas pengelolaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa subDAS Garang menjadi prioritas pertama untuk dikelola, diikuti dengan subDAS Kreo dan subDAS Kripik dalam upaya mitigasi bencana banjir bandang di DAS Garang.

Kata Kunci: Banjir Bandang, Mitigasi, Morfometri, Sistem Informasi Geografis (SIG), Sub DAS Prioritas

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu satuan unit ideal untuk pengelolaan sumberdaya alam seperti lahan dan air terkait konservasi sumberdaya alam dan mitigasi bencana dalam rangka pembangunan berkelanjutan (Cahyadi, 2012). Analisis kuantitatif dari sistem DAS penting untuk dilakukan agar karakteristik DAS dapat diketahui. DAS Garang merupakan DAS yang sering mengalami banjir bandang, tercatat rata-rata kejadian banjir bandang 2 kali dalam setahun (Suhandini, 2012). DAS Garang terdiri dari 3 sub DAS yaitu Garang, Kreo dan Kripik dengan luas ±206 km² yang memanjang dari Gunungapi Ungaran hingga Pantai Utara Jawa. DAS Garang melintasi wilayah dengan elemen risiko yang tinggi seperti permukiman padat di Kota Semarang sehingga memiliki risiko banjir bandang yang tinggi.

Analisis morfometri dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan DAS. Interaksi antara kondisi geomorfologi dengan karakteristik hidrologi dapat dicerminkan dari kondisi morfometri DAS. Akhir-akhir ini banyak peneliti menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai alat yang sangat bermanfaat untuk melakukan analisis morfologi DAS, misalnya Chakraborty (2002), Sreedevi (2009), dan Shinde (2010). Salah satu aplikasi dari parameter morfometri DAS adalah untuk menduga respon hidrologi terhadap curah hujan di kawasan tersebut.

Penentuan subDAS prioritas dilakukan untuk memberikan penilaian pada tiap subDAS sehingga dari peringkatnya dapat ditentukan subDAS mana yang harus diprioritaskan untuk dikelola terkait dengan konservasi sumberdaya alam dan mitigasi bencana banjir bandang. Sebagai salah satu upaya mengurangi risiko akibat banjir bandang, maka analisis morfometri perlu dilakukan. Analisis morfometri dapat menjadi langkah awal dalam memahami dinamika suatu DAS. Selain itu, morfometri dapat menjadi salah satu cara untuk mengetahui proses dan karakteristik dari suatu DAS (Mesa, 2006 dan Triatmodjo, 2009) serta memudahkan dalam memahami karakteristik geologi dan hidrologinya (Strahler, 1964). Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik hidrologi DAS

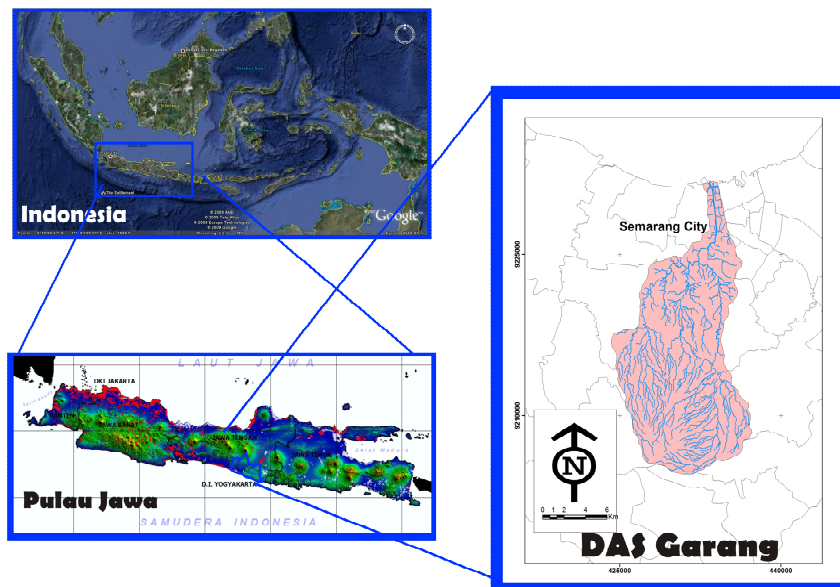
Garang menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menentukan subDAS prioritas berdasarkan parameter morfometri sebagai upaya mitigasi bencana banjir bandang .

2. METODE PENELITIAN

Morfometri merupakan ukuran dan analisis matematis konfigurasi permukaan bumi baik bentuk, dimensi maupun bentuklahannya (Thornbury, 1969). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis morfometri DAS menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan yaitu data jaringan sungai dan data topografi yang diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia skala 1: 25.000 yang diterbitkan oleh Bakosurtanal. Penelitian ini dilakukan di DAS Garang Jawa Tengah (Gambar 1).

Tabel 1. Metode untuk Menghitung Parameter Morfometri

	Parameter Morfometri	Rumus	Referensi
LINEAR	Orde Sungai	Peringkat hierarki	Strahler(1964)
	Panjang Sungai (Lu)	Panjang sungai	Horton(1945)
	Rata-rata panjang sungai (Lsm)	$Lsm = Lu/Nu$ dimana, Lsm=rata-rata panjang sungai Lu=Jumlah panjang sungai orde; Nu=Jumlah segmen sungai orde u	Strahler(1964)
	Stream length ratio (RL)	$RL = Lu/Lu-1$ dimana, Lu= Jumlah panjang sungai orde'u' ; Lu-1=Jumlah panjang sungai orde yang lebih rendah	Horton(1945)
	Bifurcation ratio (Rb)	$Rb = Nu/Nu+1$ dimana, Nu= Jumlah segmen sungai orde ; Nu+1= Jumlah segmen sungai orde yang lebih tinggi	Schumn(1956)
RELIEF	Basin relief (Bh)	Jarak vertikal antara titik tertinggi dengan titik terendah DAS	Schumn(1956)
	Relief ratio (Rh)	$Rh = Bh/Lb$ dimana, Bh =Basin relief; Lb=Basin length	Schumn(1956)
	Ruggedness number (Rn)	$Rn = Bh \times Dd$ dimana, Bh= Basin relief; Dd= Drainage Density	Schumn(1956)
AERIAL	Drainage density (Dd)	$Dd = Lu/A$ dimana, Lu= Jumlah panjang semua sungai ; A=Luas DAS (km ²)	Horton(1932)
	Stream frequency (Fs)	$Fs = Nu/A$ dimana, Nu=Jumlah segmen sungai orde u; A=Luas DAS (km ²)	Horton(1932)
	Texture ratio (T)	$T = N1/P$ dimana , N1= Jumlah sungai orde 1, P= Keliling DAS	Horton(1945)
	Form factor (Rf)	$Rf = A/(Lb)^2$ dimana, A=Luas DAS (km ²) ; Lb= Panjang DAS	Horton(1932)
	Circularity ratio (Rc)	$Rc = A/Adp$ dimana, A=Luas DAS (km ²); Adp= Luas lingkaran dengan keliling Pb (km)	Cooke dan Dornkamp (1974)
	Elongation ratio (Re)	$Rc = 2*(A/\pi)^{0.5}/Lb$ A=Luas DAS (km ²); Lb= Basin length	Schumn(1956)
	Length of Overland Flow (Lof)	$Lof = 1/2 Dd$ dimana, Dd= Drainage density	Horton(1945)
	constant channel maintenance (C).	$C = 1/Dd$ dimana, Dd= Drainage density	Horton(1945)



Gambar 1. Peta Lokasi DAS Garang

Orde sungai dibuat menggunakan hukum Strahler. Sungai orde satu adalah sungai yang terkecil dan tidak memiliki cabang lagi. Sungai orde dua adalah sungai yang menjadi pertemuan dua alur sungai orde 1. Sungai orde 3 dibentuk dari pertemuan 2 alur sungai orde 2, dan selanjutnya untuk orde sungai yang lebih tinggi. DAS Garang dibagi menjadi 3 subDas utama yaitu Kreo, KripiK dan Garang. Pembagian subDAS dilakukan dengan *digitation on screen* batas atau pemisah topografis yang memisahkan antara subDAS satu dengan subDAS lainnya.

Parameter yang digunakan dibagi menjadi 3 aspek yaitu linear, relief dan aerial (Tabel 1.) Parameter yang digunakan antara lain: *Bifurcation Ratio* (Rb), *Drainage Density* (Dd), *Stream Frequency* (Fs), *Texture Ratio* (T), *Basin Relief* (Bh), *Relief Ratio* (Rh), *Ruggedness Number* (Rn), *Form Factor* (Rf), *Length of Overland Flow* (Lof), dan *Constant Channel Maintenance* (C). Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data peta topografi dan data vektor jaringan sungai. Analisis morfometri DAS dilakukan menggunakan *software* ArcGIS 10. Parameter morfometri seperti yang sudah ditentukan dihitung pada masing-masing subDAS. Hasil tersebut kemudian diolah menggunakan *software* SPSS untuk menentukan hubungan antar parameter morfometri. Penentuan subDAS prioritas dilakukan berdasarkan kapasitas menahan air dengan analisis morfometri seperti yang dilakukan oleh Rekha (2011). Parameter yang paling berpengaruh diberi bobot tinggi, sedangkan parameter yang paling tidak berpengaruh diberi bobot rendah (Tabel 2). Zona prioritas pengelolaan subDAS dihitung menggunakan rumus berikut;

$$\text{Zona Prioritas} = 0.3 Dd + 0.25 Rb + 0.2 Fs + 0.15 T + 0.1 Lof + x 0.05 C$$

Tabel 2. Bobot untuk parameter prioritas

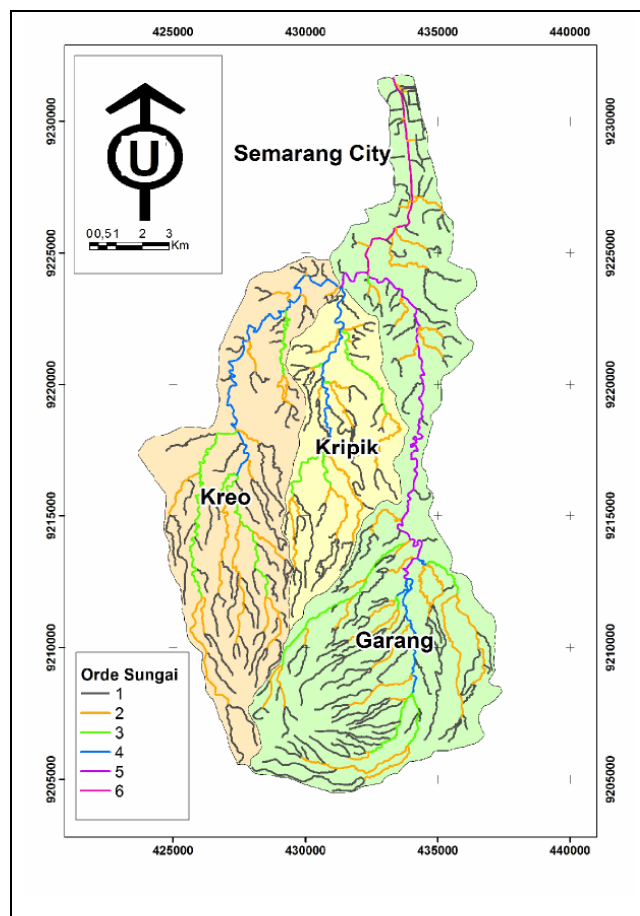
Parameter	Bobot
<i>Drainage density</i> (Dd)	30
<i>Bifurcation Ratio</i> (Rb)	25
<i>Stream Frequency</i> (Fs)	20
<i>Texture Ratio</i> (T)	15
<i>Length of Overland Flow</i> (Lof)	10
<i>Constant Channel Maintenance</i> (C)	5

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan yaitu; (1) penentuan orde sungai dengan cara Horton; (2) perhitungan parameter morfometri; dan (3) perumusan subDAS prioritas.

a. Morfometri DAS

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai dari *drainage density* mulai dari rendah dan *stream frequency* dari tiga subDAS di DAS Garang rendah (Tabel 3). *Drainage density* atau kerapatan aliran merupakan ekspresi kedekatan antar saluran. Nilai Dd yang tinggi mengindikasikan daerah tersebut tersusun atas material bawah permukaan yang kedap (*impermeabel*), daerah bergunung dengan vegetasi yang jarang. rendahnya nilai *drainage density* di DAS Garang berkaitan dengan kondisi material bawah permukaan yang kedap air, vegetasi yang jarang dan relief bergunung-gunung. Selain itu, nilai frekuensi sungai (Fs) di semua subDAS juga rendah. Hal ini erat kaitannya dengan permeabilitas yang rendah, kapasitas infiltrasi rendah dan bantuan yang kedap air pada masing-masing subDAS. Nilai Fs yang rendah akan menyebabkan aliran permukaan yang dihasilkan tinggi.



Gambar 2. Peta Orde Sungai DAS Garang

Nilai Rb yang tinggi mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki pelapisan batuan dengan lereng yang terjal dan jarak antara lembah yang sempit dibatasi oleh dinding yang terjal pula (Strahler, 1964) atau dalam artian kontrol geologi dominan. Sebaliknya nilai Rb yang rendah mengindikasikan kontrol geologi yang tidak dominan. Nilai *bifurcation ratio* (Rb) mendekati 4 (subDAS Kripik) mengindikasikan bahwa aliran air mengalir pada batuan yang resisten terhadap erosi. Nilai Rb antara lebih dari 3,5 (subDAs Kripik dan Kreo) mengindikasikan bahwa struktur geologi tidak menjadi faktor pengaruh terhadap pola pengaliran di daerah tersebut (Strahler, 1964).

Tabel 3. Parameter Morfometri subDAS di DAS Garang

SubDAS	A	P	Lu	Lsm	Nu	Rb	Dd	Fs	T	Lof	C
Garang	105	736	202	4,28	176	2,9	1,92	1,67	0,17	0,96	0,52
Kreo	65,3	475	155	5,78	86	4	2,37	1,32	0,13	1,18	0,42
Kripik	36,3	312	91,9	3,31	63	3,6	2,53	1,74	0,13	1,27	0,39

Sumber: Hasil Analisis

Texture ratio (T) merupakan faktor penting dalam analisis morfometrik drainase yang tergantung pada litologi yang mendasarinya, kapasitas infiltrasi dan aspek relief medan. *Texture ratio* (T) tinggi mengindikasikan potensi erosi dan aliran permukaan yang tinggi pula. Nilai tekstur ratio di seluruh DAS Garang rendah karena memiliki nilai kurang dari 1. Hal ini berarti bahwa berdasarkan faktor ini jumlah erosi dan aliran permukaan akan sedikit.

Length of overland flow (Lof) merupakan panjang air dipermukaan tanah sebelum terkonsentrasi pada saluran. Nilai Lof pada semua subDAS sangat kecil. Hal ini berarti akan menyebabkan aliran akan semakin cepat menuju saluran dan potensi banjir bandang akan tinggi.

Constant channel maintenance menunjukkan seberapa km² dari luas DAS yang dibutuhkan untuk konservasi dan keberlanjutan sungai sepanjang 1 km. Nilai yang rendah pada *constant channel maintenance* (C) pada tiap subDAS mengindikasikan bahwa aliran permukaan (*runoff*) lebih besar dari permeabilitasnya. Hal ini berarti air hujan yang jatuh ke permukaan cenderung menjadi aliran permukaan daripada meresap ke dalam tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai C di semua subDAS rendah sehingga berdasarkan faktor ini air lebih banyak menjadi aliran permukaan.

Tabel 4. Matrik Korelasi Parameter Morfometri

	A	P	Lu	Lsm	Dd	Fs	T	Lof	C	Nu	Rb
A	1	,999	,985	,304	-,985	-,053	,887	-,985	,975	,972	-,951
P	,999	1	,977	,265	-,991	-,013	,905	-,991	,983	,981	-,938
Lu	,985	,977	1	,463	-,941	-,224	,794	-,941	,922	,917	-,990
Lsm	,304	,265	,463	1	-,137	-,967	-,171	-,137	,084	,071	-,584
Dd	-,985	-,991	-,941	-,137	1	-,118	-,953	1,000	-,999	-,998	,884
Fs	-,053	-,013	-,224	-,967	-,118	1	,415	-,118	,171	,184	,359
T	,887	,905	,794	-,171	-,953	,415	1	-,953	,968	,971	-,700
Lof	-,985	-,991	-,941	-,137	1,000	-,118	-,953	1	-,999	-,998	,884
C	,975	,983	,922	,084	-,999	,171	,968	-,999	1	1,000	-,858
Nu	,972	,981	,917	,071	-,998	,184	,971	-,998	1,000	1	-,851
Rb	-,951	-,938	-,990	-,584	,884	,359	-,700	,884	-,858	-,851	1

Sumber: Analisis statistik dengan menggunakan *software* SPSS 18

Analisis statistik dapat mempermudah dalam memahami hubungan antar parameter morfometri. Hubungan antar parameter dianalisis dengan analisis korelasi menggunakan matrik korelasi Pearson. Luas DAS memiliki korelasi positif dengan total panjang sungai (0,985) pada level 1%. Total panjang sungai berkorelasi negatif dengan *stream frequency* (-0,967) dan *Length of overland flow* (-0,941), *drainage density* berkorelasi dengan *texture ratio* (-0,953), *Length of overland flow* (1,00) dan *constant channel maintenance* (-0,999). *Constant channel maintenance* berkorelasi dengan *texture ratio* (0,968) dan *Length of overland flow* (0,999). Nilai korelasi negatif (-) berarti kenaikan nilai pada parameter satu akan membuat nilai parameter lain semakin turun, begitu juga sebaliknya. Nilai korelasi positif (+) berarti kenaikan nilai pada parameter satu akan membuat kenaikan nilai pula

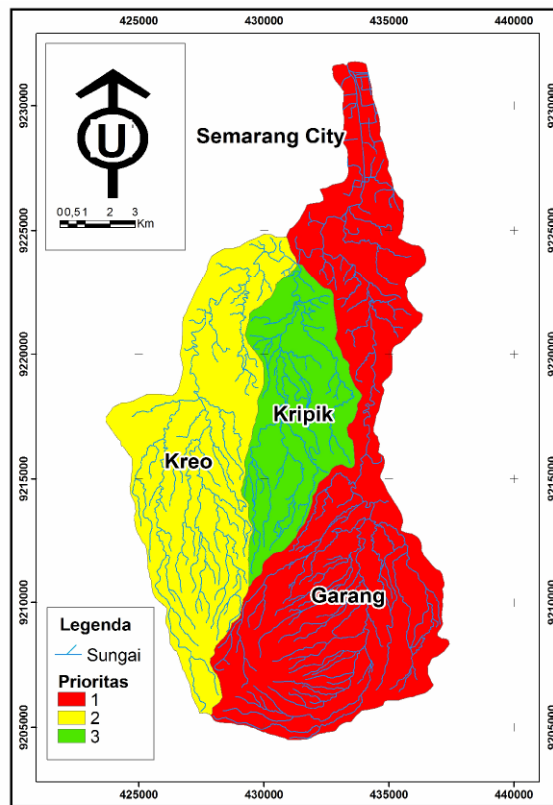
pada parameter yang berkorelasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa hanya beberapa parameter morfometri yang memiliki hubungan korelasi yang tinggi (ditunjukkan oleh warna kuning pada Tabel 4)

a. Penentuan subDAS Prioritas

Penentuan subDAS Prioritas dilakukan dengan menggunakan metode yang pernah digunakan oleh Rekha (2011). Data parameter morfometri diberi bobot sesuai dengan metode tersebut seperti yang telah dijelaskan dalam metode penelitian. Penentuan subDAS prioritas dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS 10 yang dikelaskan menjadi prioritas satu, dua, dan tiga. Kelas prioritas dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan peta subDAS prioritas pada DAS Garang dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 5. Prioritas Pengelolaan

SubDAS	Drainage density	Bifurcation Ratio	Stream Frequency	Texture Ratio	Length of Overland Flow	Constant channel maintenance	Total	Prioritas
Garang	1	3	2	1	1	3	11	1
Kreo	2	1	3	2	2	2	12	2
Kripik	3	2	1	3	3	1	13	3



Gambar 3. Peta Zona Prioritas Pengelolaan

Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa SubDAS yang termasuk kategori prioritas pertama untuk dikelola adalah subDAS Garang. SubDAS tersebut memiliki *drainage density* rendah, kemiringan lereng tinggi, *stream frequency* rendah, *Length of overland flow* dan *elongation ratio* rendah. Parameter

morfometri yang demikian mengindikasikan bahwa kondisi sub DAS Garang memiliki karakteristik bergunung-gunung, infiltrasi dan permeabilitas rendah akibat adanya lapisan bawah permukaan yang kedap air, tingginya limpasan permukaan, dan kecepatan aliran tinggi. Hal ini tentu saja akan memberikan potensi banjir yang lebih tinggi dibandingkan subDAS lainnya sehingga subDAS ini diprioritaskan untuk kelola. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa subDAS prioritas kedua adalah subDAS Kreo, sedangkan yang ketiga adalah subDAS Kripik.

4. KESIMPULAN

Prioritas pengelolaan DAS merupakan aspek yang penting dalam perencanaan dan pengelolaan suatu DAS. Hasil menunjukkan bahwa subDAS Garang menjadi prioritas pertama untuk dikelola terkait mitigasi bencana banjir bandang di DAS Garang. Hal ini terkait dengan Analisis morfometri dari masing-masing subDAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, A. 2012. Kajian Permasalahan Daerah Aliran Sungai Juwet Kabupaten Gunungkidul dan Usulan Penanggulangannya. *Makalah dalam Seminar Nasional Informasi Geospasial untuk Kajian Kebencanaan dalam Pelaksanaan Pembangunan Berkelanjutan dan Pengembangan Kecerdasan Spasial Masyarakat*, Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 22 Maret 2012.
- Chakraborty, D.; Dutt, D. dan Chandrasekharan, H. 2002. Morphometric Analysis of a Watershed Using Remote Sensing and GIS - A Case Study. *Journal Agric. Physics*, Vol. 2, No.1, pp. 52-56.
- Cooke, R.U. dan Doorkamp, J.C. 1974. *Geomorphology in Environment Management, An Introduction*. Oxford. Clarendon Press.
- Horton, R.E. 1932. Drainage Basin Characteristics. *Transactions of American Geophysical Association*, 13, pp. 350-36.1
- Mesa, L.M. 2006. Morphometric Analysis of a Subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). *Environmental Geology*, 50, pp. 1235-1242.
- Rekha, V. B.; George, A. V. dan Rita, M. 2011. Morphometric Analysis and Micro-watershed Prioritization of Peruvanthanam Sub-watershed, the Manimala River Basin, Kerala, South India. *Environmental Research, Engineering and Management*, 2011. No. 3(57), pp. 6-14.
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy. *Geological Society of America, New Jersey*. Vol. 67.
- Shinde, V.; Tiwari, K. N. dan Singh, M. 2010. Prioritization of Micro Watersheds on the Basis of Soil Erosion Hazard Using Remote Sensing and Geographic Information System. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering* Vol. 2(3), pp. 130-136.
- Sreedevi, P. D.; Owais, S.; Khan, H. H. dan Ahmed, S. 2009. Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS. *Journal Geological Society of India* Vol.73, pp. 543-552.
- Strahler, A.N. 1964. *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks; Handbook of applied hydrology*. McGraw- Hill Book Cooperation, New York
- Suhandini, P. 2012. Banjir Bandang di DAS Garang, Semarang, Jawa Tengah. *Makalah dalam Seminar Nasional Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis 2012*, Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 21 Januari 2012.
- Thornbury, W.D. 1969. *Principles of Geomorphology*. John Wiley and Sons, New York.
- Triadmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.