

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

1b0639ddff26dc91b00a97a6a370d4f1ec4f8700f2f87bb1eba2ef7fa0f4b08e

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS BERBASIS MORFOMETRI UNTUK PRIORITAS PENANGANAN EROSI DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI OYO

(Fuzzy analytic hierarchy process based on watershed morphometry for erosion priority mapping in Oyo Sub Watershed)

Alfiatun Nur Khasanah¹ dan Arina Miardini²

¹Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

Gedung SV UGM Sekip Unit 1 Catur Tunggal Depok Sleman Yogyakarta

²Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani, Pabelan, P.O.BOX 295 Surakarta57102

Email: alfiatunnur.k@ugm.ac.id

Diterima: 05 Februari 2020; Direvisi: 19 Mei 2020; Disetujui: 26 Juni 2020

ABSTRACT

Erosion is an indication of watershed degradation. In a watershed management, it is necessary to prioritize the handling that takes into account the characteristics of the watershed, one of which is morphometric character. This study aims to determine the priority location of erosion management in Oyo Watershed based on morphometric data using Fuzzy AHP modeling. Morphometric parameters that affect erosion are Rbm (bifurcation ratio), Rc (circulatory ratio), Dd (drainage density), T (texture), Su (Gradient) and Rn (Rugness Number). The highest value of the output shows the priority location that should be controlled. The high priority levels are found in 21 sub-watersheds with an area of 3,82 ha, medium levels are in 35 sub-watersheds with an area of 17,780.21 ha, low levels are in 106 sub-sub Watersheds with an area of 48,974.46 ha. The priority order for erosion management at the sub-watershed level is very important to prepare a watershed management plan in order to control soil erosion that is appropriate to protect the soil from further erosion.

Keywords: fuzzy-AHP; morphometry; priority; erosion; Oyo Sub-watershed

ABSTRAK

Erosi merupakan salah satu indikasi kerusakan DAS. Dalam pengelolaan DAS perlu dilakukan urutan prioritas penanganan dengan memperhatikan karakteristik DAS, salah satunya yaitu karakter morfometri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi prioritas penanganan erosi di Sub DAS Oyo berdasarkan data morfometri dengan menggunakan pemodelan Fuzzy AHP. Parameter morfometrik yang mempengaruhi erosi adalah Rbm (*bifurcation ratio*), Rc (*circulatory ratio*), Dd (*drainage density*), T (*texture*), Su (*gradient*), dan Rn (*rugness number*). Nilai tertinggi dari hasil analisis menunjukkan lokasi prioritas yang harus didahulukan penanganannya. Tingkat prioritas tinggi terdapat pada 21 sub-sub DAS dengan luas 3.82 ha, tingkat sedang pada 35 sub-sub DAS dengan luas 17.780,21 ha, tingkat rendah pada 106 sub-sub DAS dengan luas 48.974,46 ha. Urutan prioritas penanganan erosi pada tingkat sub DAS sangat penting untuk menyusun rencana pengelolaan DAS dalam

rangka pengendalian erosi tanah yang sesuai sebagai upaya perlindungan tanah dari erosi lebih lanjut.

Kata kunci: fuzzy-AHP; morfometri; prioritas; erosi; Sub DAS Oyo

I. PENDAHULUAN

Alih fungsi lahan dan pengelolaan sumberdaya lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS). Hal ini berdampak pada tingginya laju erosi terutama di daerah hulu dan sedimentasi pada bagian hilir (Miardini & Khasanah, 2017). Kerusakan DAS ditandai dengan adanya penurunan fungsi hidrologi, berkurangnya sumber daya air, tingginya laju erosi tanah, rendahnya tutupan vegetasi, dan terjadinya kerusakan infrastruktur (Aglanu, 2014). Erosi memiliki beragam faktor pemicu, salah satunya adalah air hujan. Erosi lahan akibat air merupakan proses rusaknya agregat tanah menjadi fraksi yang lebih halus akibat tekanan air hujan yang dipindahkan oleh air aliran permukaan pada lereng bagian atas menuju lereng bagian bawah (Kasmawati, Hasanah, & Rahman, 2016). Erosi membawa partikel sedimen yang terbawa oleh aliran dan mengendap pada bagian tertentu di sungai. Hal ini berpengaruh pada penurunan daya tampung sungai (Miardini, 2019).

Erosi merupakan masalah serius di negara-negara berkembang yang memiliki sumber daya teknis dan keuangan yang terbatas (Hammad, 2009), termasuk di Indonesia. Adanya keterbatasan tersebut dapat disiasati melalui pemanfaatan teknologi Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam

mengekstraksi parameter yang berhubungan dengan erosi. Salah satunya adalah melalui pendekatan geomorfologi dengan analisis morfometri DAS. Morfometri merupakan analisis kuantitatif (matematis) dari suatu bentuk lahan (Asfaw & Workineh, 2019). Morfometri dapat menggambarkan perilaku hidrologi dalam DAS, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan saat data yang tersedia tidak memadai (Gajbhiye, Mishra, & Pandey, 2013).

Analisis morfometri mampu memberikan gambaran mengenai kondisi topografi DAS salah satunya adalah indeks kemiringan. Indeks ini dapat membantu dalam identifikasi risiko erosi dan konservasi tanah dalam kaitannya dengan pengelolaan sumber daya air (Mohammed, Adugna, & Takala, 2018). Analisis ini juga dapat membantu mengungkapkan fitur penting DAS yang berhubungan dengan proses hidrologi dan degradasi lahan, sehingga sangat sesuai untuk menentukan daerah yang mengalami kehilangan tanah berat akibat erosi (Kadam *et al.*, 2019). Parameter morfometri yang dapat menjelaskan tentang erosi antara lain: nisbah percabangan (*bifurcation ratio/Rb*), frekuensi sungai (*stream frequency/Fs*), faktor bentuk DAS (*form factor/Rf*), nisbah kebulatan (*circularity ratio/Rc*), rasio elongasi (*elongation ratio/Re*), rasio tekstur (*texture ratio/T*), koefisien kekompakan (*compactness coefficient/T*), rasio relief (*relief ratio/Rh*), panjang aliran

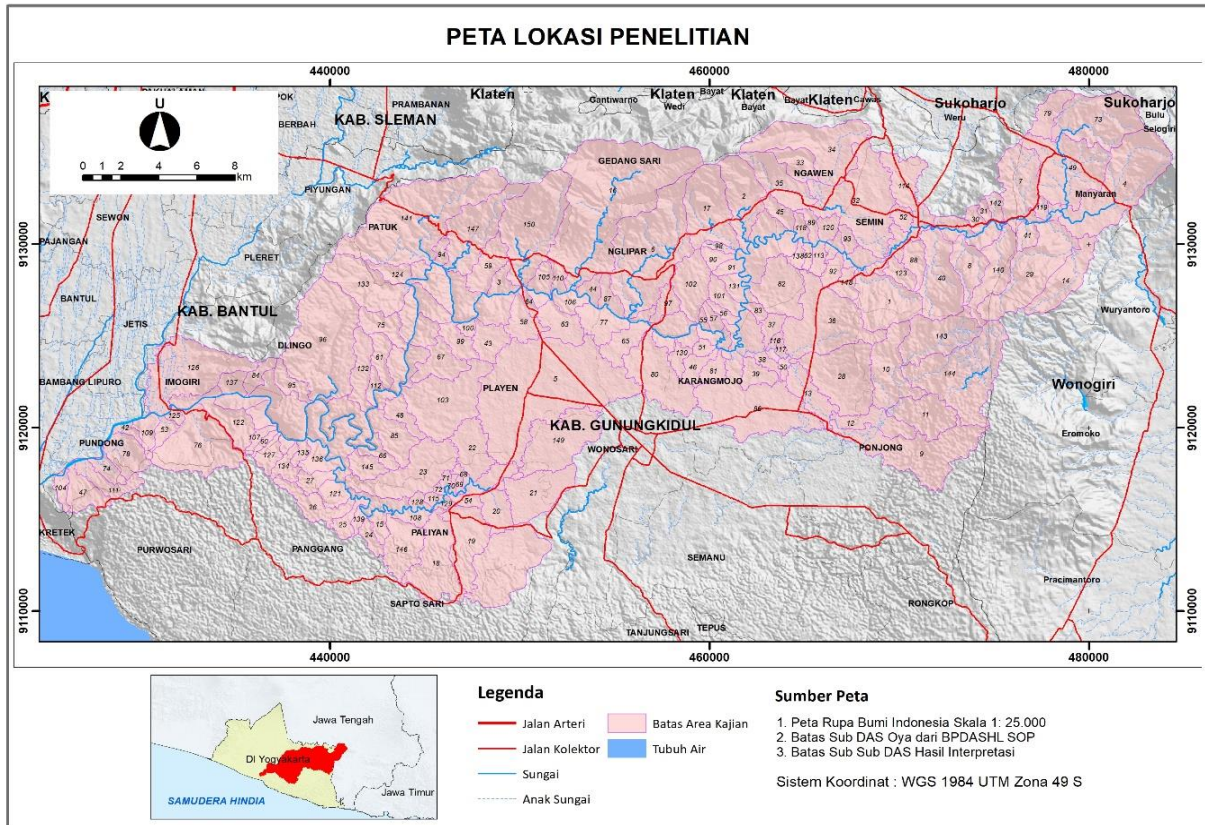
permukaan (*length of overland flow/Lof*), dan kerapatan aliran (*drainage density/Dd*) (Prabhakar, Singh, Lohani, & Chandniha, 2019).

Penentuan prioritas sering dilakukan dengan metode skoring dan pembobotan. Pada kenyataannya, metode skor memiliki kelemahan, di antaranya adalah kurang memiliki landasan ilmiah yang kuat dalam pembobotan atau bersifat subjektif dan pemberian skor serta hasil akurasi peta tergantung cara pemberian skor (Malczewski, 2004). Metode ini juga sangat sensitif terhadap perbedaan kelas (Morgan, 2005). Pemodelan tidak akan realistis apabila menggunakan metode tersebut karena keterbatasan dari data yang tersedia (baik dari segi temporal maupun spasial), dan karena adanya ketidakpastian dalam asosiasi di setiap parameter.

Pengembangan metode kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dapat membantu dalam membuat simulasi kondisi permukaan bumi yang bersifat kompleks. Salah satu pemodelan dengan sistem cerdas adalah dengan menggunakan pendekatan Logika *Fuzzy*. Logika tersebut diperkenalkan oleh Zadeh (1965) dan merupakan perluasan dari teori himpunan tegas (*crisp*) (Kusumawati &

Hartati, 2010). Ide dari Logika *Fuzzy* (Zadeh, 1965) adalah dengan mempertimbangkan objek spasial dalam suatu peta menjadi suatu anggota dari satu set data (Tangestani, 2009). Ambiguitas dalam penilaian secara kualitatif yang bersifat subjektif dapat ditangani dengan nilai probabilitas dan statistik berdasarkan derajat keanggotaan *Fuzzy* (Govindan, Khodaverdi, & Jafarian, 2013). Logika fuzzy dapat dikombinasikan dengan *Analytical Hierarchy Proses* (AHP) dan dikenal dengan *Fuzzy AHP* (FAHP). FAHP telah digunakan dalam penentuan potensi lokasi penggurunan (Kacem *et al.*, 2019), pemodelan erosi (Haidara, Tahri, Maanan, & Hakdaoui, 2019; Saha, Gayen, Pourghasemi & Tiefenbacher, 2019) dan potensi air tanah (Chaudhry, Kumar, & Alam, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lokasi prioritas penanganan erosi di Sub DAS Oyo berdasarkan data morfometri dengan penilaian skor kriteria menggunakan metode FAHP tersebut. Urutan sub DAS prioritas penanganan erosi berguna dalam penyusunan langkah-langkah konservasi tanah dalam konsep DAS berkelanjutan.



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di Sub DAS Oyo (Research location in Oyo Sub-Watershed)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2019 di Sub DAS Oyo yang merupakan bagian dari DAS Opak-Oyo. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Sub DAS Oyo memiliki luas 77.047,19 ha dengan lokasi dominan terdapat di Kabupaten Gunungkidul (77,06%) dan Kabupaten Bantul (13,85%). Berdasarkan hasil pengolahan data oleh Khasanah & Wicaksana (2019), Sub DAS Oyo memiliki pola aliran dendritik dengan sebaran orde sungai 1 hingga 8 dengan total panjang aliran 3.099 km dan jumlah cabang sungai sebanyak 8.575 cabang. Sub DAS Oyo terdiri dari 157 sub DAS dengan luasan antara 14,64 ha hingga 3.638,16 ha.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data morfometri Sub DAS Oyo yang berasal dari ekstraksi DEM Nasional (DEMNAS)¹, tides.big.go.id. Data morfometri merupakan hasil dari penelitian sebelumnya (Khasanah & Wicaksana, 2019). Selain itu, dibutuhkan pula data peta jaringan sungai, jalan, toponimi, dan batas administrasi dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000. Peta RBI tersebut diperoleh melalui halaman resmi Badan Informasi Geospasial (BIG), tanahair.indonesia.go.id. Peta batas DAS dan peta erosi untuk proses pemetaan dan validasi model diperoleh dari Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung (BPDASHL) Serayu Opak Progo. Alat yang digunakan adalah *Software ArcGIS 10.2*

untuk membuat peta, *Software Microsoft Excel* untuk perhitungan FAHP, serta *Microsoft Word* untuk penulisan jurnal.

C. Metode Penelitian

Metode FAHP yang diusulkan oleh Lu *et al.* (2007) merupakan pengembangan dari metode AHP oleh Saaty (2012). Pengembangan dilakukan pada unsur matriks penilaian antar parameter yang diwakili oleh bilangan *fuzzy* (0-1) sedangkan pada AHP menggunakan nilai tegas (*crisp value*). Metode ini menggunakan persamaan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dengan mempertimbangkan nilai terendah, nilai tengah, dan nilai tertinggi dari matriks Saaty dalam satu parameter. Pada umumnya terdapat tiga komponen penting dalam penilaian AHP, yaitu: (1) tujuan, (2) kriteria dan sub kriteria, serta (3) pilihan. Pada penelitian ini komponen tujuan, kriteria dan pilihan secara berturut-turut adalah prioritas penanganan erosi, parameter morfometri terpilih dan sub-sub DAS. Penelitian ini merupakan modifikasi dari FAHP dengan hanya mempertimbangkan *pairwise comparison* pada level kriteria. Prosedur penggunaan FAHP berbeda dengan prosedur pemetaan menggunakan metode AHP, hal ini dikarenakan transformasi dari nilai tegas menuju nilai *fuzzy* memiliki beragam metode. Contohnya penelitian yang dilakukan oleh Faisal *et al.* (2014) dan Govindan *et al.* (2013) menggunakan metode TFN pada data non spasial. Oleh karenanya, uji coba perlu dilakukan untuk menilai apakah prosedur TFN tersebut dapat diterapkan pada data spasial. Limitasi metode yang diterapkan pada

penelitian ini adalah penerapan FAHP hanya pada level bobot kriteria oleh karenanya pengembangan metode masih perlu dilakukan.

Parameter morfometri yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada publikasi Khasanah & Wicaksana (2019). Aspek morfometri dibagi menjadi: 1) morfometri linier, 2) morfometri relief dan 3) morfometri area. Parameter morfometri linier terdiri dari: orde sungai, panjang sungai (Lu), rata-rata panjang sungai (Lsm), Rasio Panjang Sungai (RL), dan *bifurcation ratio* (Rb). Parameter morfometri relief meliputi: *basin relief* (Bh), *relief ratio* (Rh) dan *ruggedness number* (Rn). Parameter morfometri area terdiri dari: *drainage density* (Dd), *stream frequency* (Fs), *texture ratio* (T), *form factor* (Rf), *circularity ratio* (Rc), *elongation ratio* (Re), *length of overlandflow* (Lof), *constant channel maintenance* (C), dan *basin shape* (BS). Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

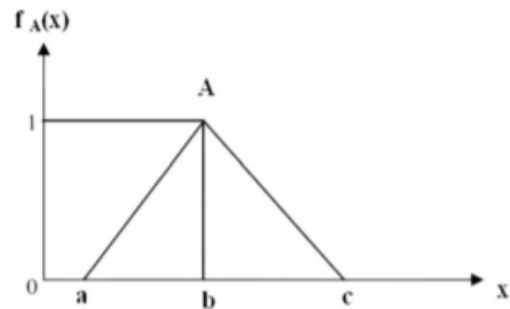
1. Pemilihan Parameter (Kriteria)

Pemilihan parameter morfometri yang berpengaruh terhadap proses erosi dilakukan dengan melakukan studi literatur serta pengujian korelasi. Jika dua parameter memiliki korelasi tinggi (nilai koefisien korelasi $(r) > 0,5$), maka hanya akan dipilih salah satu sebagai input dalam model. Korelasi dikatakan tinggi apabila memiliki nilai koefisien korelasi lebih dari 0,5 dan signifikansi lebih dari 0,05 (Hadi, 2015). Metode korelasi yang digunakan adalah *Pearson Correlation*, dengan syarat kriteria yang akan diuji terdistribusi secara normal. Data morfometri terpilih yang belum memenuhi syarat tersebut di

transformasikan ulang sehingga dapat memenuhi asumsi distribusi normal, dan hal ini tergantung pada jenis kurva persebaran data. Transformasi dilakukan dengan menggunakan metode *Square Root* hingga memperoleh nilai signifikansi lebih dari 0,05.

2. Penilaian Antar Parameter

Setiap parameter morfometri terpilih akan dibandingkan dengan parameter terpilih lainnya. Hasil perbandingan tersebut digunakan sebagai acuan dalam penilaian bobot. Penilaian dilakukan menggunakan acuan dari tabel skoring yang dikembangkan oleh Saaty (2012) (Tabel 1) dengan modifikasi transformasi dalam kurva *triangular fuzzy* (Gambar 2).



Gambar (Figure) 2. Kurva Nilai Keanggotaan Triangular Fuzzy A (Triangular Fuzzy Membership Value Curve A)

Sumber (Source): Govindan et al., 2013

Penelitian ini tidak menguji Indeks Konsistensi (CI) dan Rasio Konsistensi (CR) dengan menguji konsistensi terhadap nilai perbandingan. Hal ini dikarenakan uji coba yang dilakukan pada penelitian hanya menggunakan satu masukan nilai. Perhitungan CI dan CR dilakukan bila terdapat sejumlah responden (lebih dari 1) yang melakukan penilaian terhadap model.

Tabel (Table) 1. Deskripsi parameter morfometri terpilih (Description of morphometric parameter)

Parameter (Parameter)	Rumus (Formula)	Sumber Data (Data source)	Referensi (Reference)
Linier Bifurcation Ratio (Rb)	$Rb = Nu / (Nu - 1)$	Perhitungan Nu (jumlah segmen sungai) dan Nu+1 (Jumlah segmen sungai dengan orde yang lebih tinggi)	Schumn (1956)
Relief Ruggedness Number (Rn)	$Rn = Bh \times Dd$	Nilai Bh (basin relief) dan Dd (Kerapatan aliran)	Schumn (1956)
Texture Ratio (T)	$T = N1/P$	Perhitungan N1 (Jumlah sungai orde 1) dan P (keliling DAS)	Horton (1932)
Kemiringan Aliran (Su)	$(Su) = (H85 - H10) / (0,75)Lb$	Perhitungan gradien sungai rata – rata adalah dengan slope faktor	Benson (1962)
Area Kerapatan Aliran (Drainage Density/Dd)	$Dd = Ln/A$	Perhitungan jumlah panjang semua sungai dibagi dengan luas DAS (km ²)	Horton (1932)
Circularity Ratio (Rc)	$Rc = A/Adp$	Perhitungan A (Luas DAS) dan Adp (Luas Lingkaran dengan Pb (km))	Cooke dan Dornkamp (1974)

3. Pengubahan Skor Antar Parameter menjadi Nilai Keanggotaan *Fuzzy*

Setiap skor parameter yang digunakan untuk pemodelan diubah ke dalam rentang nilai *fuzzy*. *Fuzzy set* merupakan data kontinu dengan nilai rentang 0 hingga 1. Rentang keanggotaan yang bernilai 1 berarti parameter tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap erosi. Fungsi keanggotaan *fuzzy* (Gambar 2) ditentukan berdasarkan Persamaan 1 (Govindan *et al.*, 2013). Nilai a, b dan c merupakan skala penilaian antar parameter pada Tabel 2. Apabila nilai antara 2 kriteria adalah sangat penting, maka nilai a,b, dan c berturut turut adalah 6,7,8.

$$f_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a, x > c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

Apabila terdapat dua fungsi triangular atau dua nilai intensitas kepentingan pada

satunya kriteria, misal fungsi A (a,b,c) dan B (a₁,b₁,c₁), maka fungsi matematika (penjumlahan, perkalian, pembagian, dll) yang berlaku dalam dua fungsi tersebut dijelaskan dengan Persamaan 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 (Govindan *et al.*, 2013). A dan B dapat diasumsikan sebagai dua matriks penilaian untuk 1 kriteria yang sama, sehingga apabila terdapat 6 kriteria, maka terdapat 6 (enam) matriks yang harus diselesaikan.

$$\begin{aligned} A+B &= (a,b,c)+(a_1,b_1,c_1)(a+a_1,b+b_1,c+c) \dots\dots\dots(2) \\ A-B &= (a,b,c)-(A_1,b_1,c_1)(a-a_1,b-b_1,c-c) \dots\dots\dots(3) \\ A*B &= (a,b,c)*(A_1,b_1,c_1)(a*a_1,b*b_1,c*c_1) \dots\dots\dots(4) \\ A/B &= (a,b,c) / (A_1,b_1,c_1)(a/a_1,b/b_1,c/c_1) \dots\dots\dots(5) \\ K*B &= (k*a,k*b,k*c) \dots\dots\dots(6) \\ (A)^{-1} &= (1/c, 1/b, 1/a) \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

Jarak dari fungsi keanggotaan A dan B dinilai dengan Persamaan 8 (Govindan *et al.*, 2013).

$$d(A, B) = \sqrt{1/3 [(a - a_1)^2 + (b - b_1)^2 + (c - c_1)^2]} \dots(8)$$

Tabel (Table) 2. Skala penilaian antar parameter (*Pair parameter assestment scale*)

Skala (Scale)	Intensitas kepentingan (Intensity of interest)	Keterangan (Information)
1,1,1	Sama	Kedua elemen sama pentingnya dan mempunyai pengaruh yang sama
2,3,4	Sedikit Lebih Penting	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya, penilaiannya sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lain.
4,5,6	Lebih Penting	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya, penilaiannya sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
6,7,8	Sangat Penting	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya, elemen yang kuat disokong dan dominan.
9,9,9	Mutlak Penting	Satu elemen mutlak lebih penting dibandingkan elemen lainnya,bukti pendukung elemen yang satunya terhadap yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi
1,2,3 3,4,5 5,6,7 7,8,9	Nilai Penengah	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, nilai ini diberikan bila ada dua komponen di antara dua pilihan.
1/n	Kebalikan	Jika untuk aktivitas 1 mendapatkan satu angka dibanding dengan aktivitas J, maka J mempunyai kebalikan dibandingkan i

Sumber (Source): Analis data (*Data analysis*), 2019

4. Perhitungan Nilai Keanggotaan *fuzzy* dengan Metode *Geometric Means*

Nilai keanggotaan *fuzzy Geometric Means* untuk satu kriteria (A) terhadap kriteria lainnya (B) dihitung berdasarkan nilai perkalian menggunakan Persamaan 4 (Govindan *et al.*, 2013). Proses ini dilakukan untuk seluruh hasil penilaian di setiap kriteria morfometri.

5. Normalisasi Nilai Bobot pada 1 (Satu) Kriteria

Normalisasi nilai bobot untuk satu kriteria dilakukan agar memiliki kombinasi nilai keanggotaan *fuzzy* antara 0-1. Caranya dengan menjumlahkan nilai *lower* (a), *middle* (b), dan *upper* (c) menggunakan Persamaan 2. Hasil penjumlahan dari seluruh nilai bobot pada enam kriteria akan didapat nilai *fuzzy* total yang digunakan untuk menormalisasi nilai bobot *fuzzy* di tiap kriteria. Normalisasi (G) antara bentuk keanggotaan *fuzzy* dari satu kriteria (A) dengan jumlah keseluruhan nilai keanggotaan *fuzzy* (p,q,r) dihitung dengan Persamaan 9 (Govindan *et al.*, 2013).

$$G(A, S) = (a * p^{-1}), (b * q^{-1}), (c * r^{-1}) ..(9)$$

6. Defuzzyfikasi

Proses ini merupakan proses mentransformasikan ulang nilai keanggotaan *fuzzy* setiap elemen kriteria ke dalam bobot tegas (W) menggunakan rumus rata-rata *Center of Area* (COA) pada Persamaan 10. Jumlah dari keseluruhan

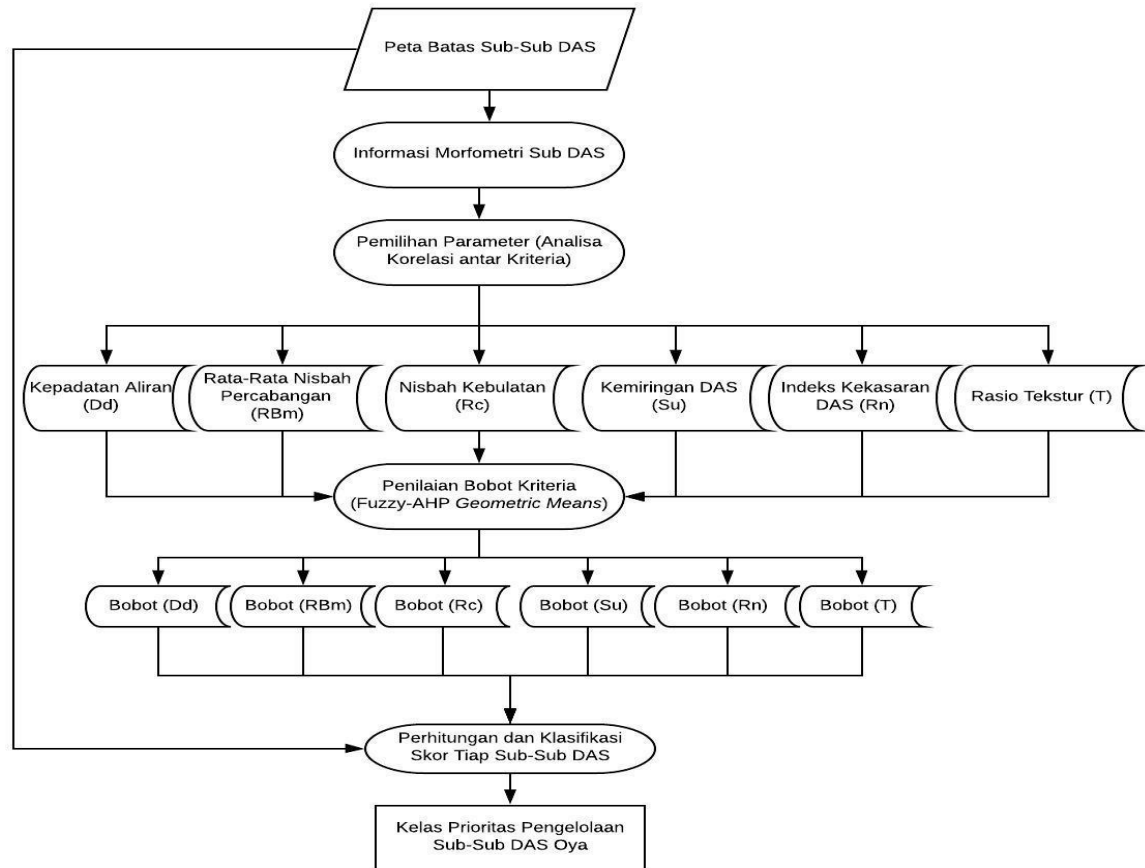
bobot dinormalisasikan kembali untuk mendapat total bobot sebesar 1. Normalisasi dilakukan dengan membagi nilai bobot (W) dengan jumlah bobot keseluruhan elemen kriteria. Govindan *et al.* (2013) melakukan pembobotan pada level alternatif kriteria namun pada penelitian ini hanya terbatas pada level kriteria disebabkan keterbatasan telaah pustaka terkait hubungan secara langsung antara kelas pada masing masing kriteria morfometri dengan laju erosi.

$$W = \frac{(a + b + c)}{3}.....(10)$$

7. Reklasifikasi: Penilaian Prioritas Penanganan

Penentuan prioritas penanganan erosi pada masing-masing sub-sub DAS didasarkan pada hasil perkalian antara bobot dengan nilai kriteria. Hasil penilaian bobot pada tahap 6 (Persamaan 10) diaplikasikan ke dalam data kriteria morfometri, sehingga diperoleh hasil berupa skor prioritas pada setiap sub-sub DAS. Klasifikasi prioritas penanganan dilakukan dengan membagi area menjadi 3 kelas dengan metode *equal interval*. Selisih nilai maksimum dan nilai minimum dibagi dengan jumlah kelas yang diinginkan (3 kelas) untuk mendapatkan interval kelas. Prioritas tinggi merupakan sub-sub DAS dengan nilai skor mendekati maksimum.

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar (Figure) 3. Diagram alir penelitian (Research flow chart)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pemilihan Kriteria

Rangkuman hasil penilaian morfometri untuk 6 kriteria yang terpilih (Rbm, Rc, Dd, T, Rn, dan Su) dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai tersebut didapat dari penelitian Khasanah & Wicaksana (2019). Uji korelasi antar parameter morfometri dilakukan untuk mendapatkan nilai hubungan antara masing masing parameter. Syarat uji ini adalah data terdistribusi secara normal. Proses transformasi data dilakukan agar data dapat memenuhi persyaratan tersebut. Berdasarkan hasil uji korelasi (Tabel 4) dapat diketahui bahwa variabel morfometri terpilih memiliki korelasi yang rendah ($r < 0,05$) dengan berbeda nyata

pada taraf uji 5%. Hal ini menunjukkan bahwa masing masing kriteria tidak saling mempengaruhi satu sama lainnya sehingga kriteria terpilih tersebut dapat dijadikan sebagai acuan dalam *input* pemetaan.

Nilai rata-rata nisbah percabangan sungai (RBm) berhubungan dengan pelolosan air sebagai agen erosi. Nilai ini menunjukkan integrasi antara segmen sungai pada orde yang berbeda (Guatemala *et al*, 2017) dan berhubungan dengan struktur geologi serta kondisi iklim dalam DAS. Hasil nilai RBm di Sub DAS Oyo bervariasi dari nilai 1 hingga 6,7. Nilai tersebut mengindikasikan bervariasinya pengaruh faktor geologi pada masing masing sub-sub DAS. Nilai RBm tinggi (>5) menunjukkan bahwa limpasan air permukaan tinggi sejalan dengan

Tabel (Table) 3. Nilai koefisien korelasi antar parameter terpilih (*Coefficient correlation value of selected parameter*)

		RBm	RC	DD	T	Su	Rn
RBm	Pearson Correlation	1	-.169'	-.007	.135	-.096	.001
	Sig. (2-tailed)		.038	.934	.101	.243	.987
	N	150	150	150	150	150	150
RC	Pearson Correlation	-.169'	1	-.134	-.055	.185'	-.049
	Sig. (2-tailed)	.038		.102	.502	.024	.555
	N	150	150	150	150	150	150
DD	Pearson Correlation	-.007	-.134	1	.314"	.005	.227"
	Sig. (2-tailed)	.934	.102		.000	.952	.005
	N	150	150	150	150	150	150
T	Pearson Correlation	.135	-.055	.314"	1	-.187'	.556"
	Sig. (2-tailed)	.101	.502	.000		.022	.000
	N	150	105	150	150	150	150
Su	Pearson Correlation	-.096	-.185'	.005	-.187'	1	.487"
	Sig. (2-tailed)	.243	.024	.952	.022		.000
	N	150	150	150	150	150	150
Rn	Pearson Correlation	.001	-.049	.227"	.556"	.487"	1
	Sig. (2-tailed)	.987	.555	.005	.000	.000	
	N	150	150	150	150	150	150

Sumber (Source): Khasanah & Wicaksana (2019).

banyaknya anak sungai yang terbentuk (Gajbhiye & Ashish, 2014), kenaikan muka air dapat terjadi secara cepat dengan penurunan muka air yang cepat pula.

Bentuk DAS, diwakili oleh kriteria nisbah kebulatan (Rc) yang dipengaruhi oleh panjang dan frekuensi aliran, struktur geologi, penggunaan lahan/tutupan lahan, iklim, dan kemiringan DAS (Gajbhiye & Ashish, 2014). Nilai Rc berkisar antara 0-1. Semakin besar nilai tersebut maka DAS akan memiliki bentuk mendekati bulat sempurna. Perhitungan ini menghasilkan nilai bentuk DAS yang bervariasi. Sebagian besar DAS memiliki bentuk irregular dengan nilai nisbah sebesar 0,4-0,8.

DAS dengan nilai Dd rendah dan didominasi sungai Ordo 1 cenderung memiliki limpasan permukaan yang tinggi, sehingga meningkatkan risiko banjir, erosi, dan tanah longsor (Chandramohan & Vijaya, 2016). Dd menggambarkan jarak antar percabangan sungai. Hasil perhitungan didapat bahwa nilai Dd

berkisar antara 2-5,8 km/km². Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori sedang dan secara keseluruhan sub DAS memiliki nilai Dd pada rentang ini. Artinya, pada kondisi ini alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga sedimen yang terangkut menjadi lebih besar.

Rasio tekstur (T) berhubungan dengan kapasitas infiltrasi dan frekuensi aliran yang menyiratkan besarnya risiko erosi tanah (Albaroot, Al-areeq, Aldharab, Alshayef, & Ghareb, 2018). Kemiringan DAS merupakan salah satu faktor terpenting untuk identifikasi zona erosi yang berafiliasi dengan karakteristik morfometri seperti rasio panjang aliran, rasio elongasi, jumlah aliran permukaan, dan rasio relief (Saranaathan & Manickaraj, 2017). *Ruggedness number* (Rn) merupakan derivasi dari Dd dan H yang berguna untuk menilai kecuraman dan kemiringan jaringan drainase. Nilai Rn yang tinggi menunjukkan kerentanan erosi tanah yang lebih tinggi (Albaroot *et al.*, 2018).

b. Perhitungan Bobot FAHP

Percobaan perhitungan bobot FAHP menggunakan metode *triangular fuzzy* hanya dilakukan pemberian bobot pada level kriteria. Perhitungan bobot parameter morfometri menggunakan teknik ini dimulai dengan memberikan asumsi skor 1 hingga 9 bergantung pada kekuatan hubungan antar dua kriteria. Hasil penilaian didasarkan pada pengetahuan pakar, namun pada penelitian ini didasarkan pada telaah pustaka. Hasil penilaian menggunakan metode Saaty (2012) dapat dilihat

pada Tabel 4. Semakin tinggi skor, maka aspek morfometri terkait lebih berpengaruh terhadap laju erosi dibandingkan kriteria lain.

Nilai pada Tabel 4 diubah menjadi nilai *fuzzy* dengan mempertimbangkan grafik linier dari pengaruh morfometri terhadap erosi. Proses ini masuk dalam penilaian antar parameter morfometri dengan mempertimbangkan modifikasi transformasi dalam kurva *triangular fuzzy* (Tabel 2). Hasil dari proses *fuzzyfikasi* dan hasil perhitungan bobot akhir dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel (Table) 4. Analisis perbandingan antar kriteria menggunakan Skor Saaty (*Comparative analysis between variables using Saaty Score*)

Aspek morfometri (Morphometric aspects)	Rbm (Mean bifurcation ratio)	Rc (Circularity ratio)	Dd (Drainage density)	T (Drainage texture)	Su (Gradient)	Rn (Ruggedness number)
Rbm (Mean bifurcation ratio)	1	5	3	6	1/4	1/5
Rc (Circularity ratio)	1/5	1	1/6	1/4	1/6	1/7
Dd (Drainage density)	1/3	6	1	2	1/4	1/6
T (Drainage texture)	1/6	4	1/2	1	1/6	1/8
Su (Gradient)	4	6	4	6	1	1/3
Rn (Ruggedness number)	5	7	6	8	3	1

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

Tabel (Table) 5. Hasil fuzzyfikasi nilai Skor Saaty (*Fuzzyfication results Score Saaty*)

Aspek morfometri (Morphometric aspects)	Rbm (Mean bifurcation ratio)	Rc (Circularity ratio)	Dd (Drainage density)	T (Drainage texture)	Su (Gradient)	Rn (Ruggedness number)
Rbm (Mean bifurcation ratio)	1	4,5,6	2,3,4	5,6,7	1/3,1/4,1/5	1/4,1/5,1/6
Rc (Circularity ratio)	1/4,1/5,1/6	1	1/5,1/6,1/7	1/3,1/4,1/5	1/5,1/6,1/7	1/6,1/7,1/8
Dd (Drainage density)	1/2,1/3,1/4	5,6,7	1	1,2,3	1/3,1/4,1/5	1/5,1/6,1/7
T (Drainage texture)	1/5,1/6,1/7	3,4,5	1/1,1/2,1/3	1	1/5,1/6,1/7	1/7,1/8,1/9
Su (Gradient)	3,4,5	5,6,7	3,4,5	5,6,7	1	1/2,1/3,1/4
Rn (Ruggedness number)	4,5,6	6,7,8	5,6,7	7,8,9	2,3,4	1

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

Tabel (Table) 6. Perhitungan bobot pada parameter terpilih (*Calculation of weight on selected parameters*)

Aspek Morfometri (<i>Morphometric aspects</i>)	Nilai rata-rata Fuzzy Geometrik (<i>Fuzzy geometric mean value</i>)			Bobot Fuzzy (<i>Fuzzy Weight</i>)			Bobot rata-rata (<i>Mean weight</i>)
	1	2	3	1	2	3	
Rbm (<i>Mean bifurcation ratio</i>)	1.222	1.285	1.333	0.145	0.139	0.118	0.13
Rc (<i>Circularity ratio</i>)	0.286	0.242	0.209	0.034	0.026	0.018	0.03
Dd (<i>Drainage density</i>)	0.742	0.742	0.729	0.088	0.080	0.064	0.08
T (<i>Drainage texture</i>)	0.508	0.437	0.395	0.060	0.047	0.035	0.05
Su (<i>Gradient</i>)	2.197	2.402	2.596	0.261	0.259	0.229	0.25
Rn (<i>Ruggedness number</i>)	3.448	4.141	6.036	0.410	0.448	0.534	0.46
	8.404	9.247	11.298				1

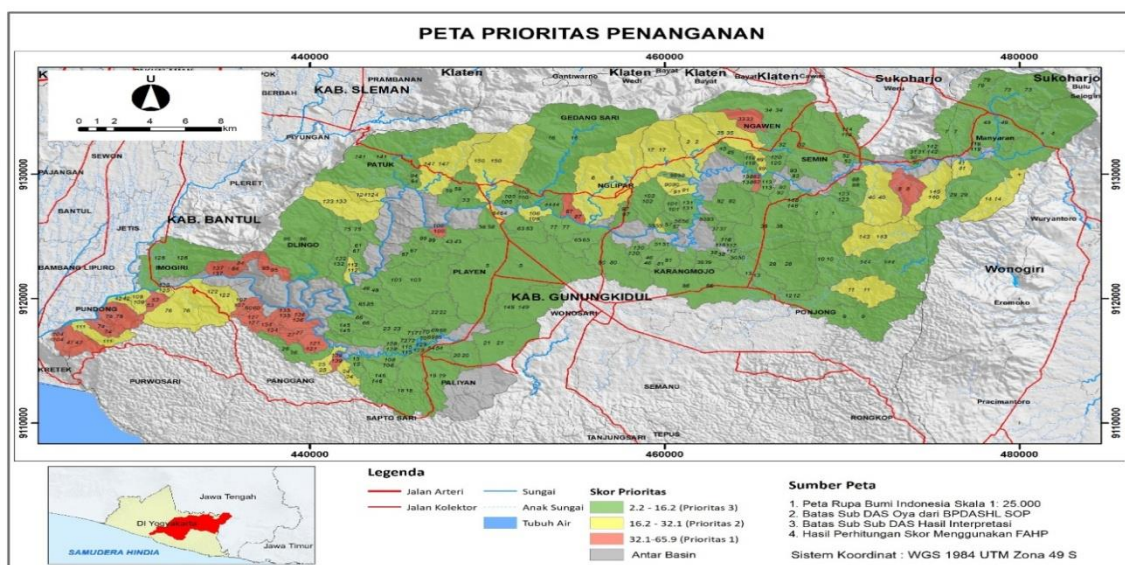
Sumber (Source): Analisis data (*Data analysis*), 2019

c. Penentuan Prioritas Penanganan Erosi

Nilai tertinggi dari *output* menunjukkan prioritas yang harus didahulukan penanganan erosinya. Hasil dari pembobotan tersebut diklasifikasikan menjadi 3 tiga zona prioritas, yaitu: 1) prioritas tinggi (> 32), 2) prioritas sedang (32-16.2), dan 3) prioritas rendah (< 16.2).

Prioritas tinggi menunjukkan adanya tingkat erosi tanah yang tinggi dan merupakan sub-sub DAS area potensial

untuk menerapkan tindakan konservasi tanah, sehingga perlu penanganan terlebih dahulu. Pada Sub DAS Oyo terdapat 21 sub-sub DAS dengan luas total 3.823,47 ha yang merupakan prioritas tinggi. Pada kelas prioritas sedang terdapat sekitar 35 sub-sub DAS dengan luas 17.780,21 ha, sedangkan prioritas rendah terdapat pada 94 sub-sub DAS dengan luas 48.974,46 ha. Daftar sub-sub DAS prioritas penanganan erosi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar (figure) 4. Sub sub DAS prioritas penanganan erosi di Sub DAS Oyo (*Priority management of erosion sub-watersheds in Oyo Sub-watershed*)

Sumber (Source): Analisis data (*Data analysis*), 2019

Sub-sub DAS yang memiliki nilai total penilaian prioritas penanganan erosi tertinggi antara lain: 1) Sub-sub DAS Oyo turunan 3 meliputi Desa Banyusuko (214,94 ha) dan Girisuko (29,29 ha) Kecamatan Paliyan Kabupaten Gunungkidul, 2) Sub-sub DAS Oyo Turunan 2 meliputi Desa Banyusuko (46,23 ha) dan Girisuko (39,56 ha) Kecamatan Paliyan Gunung Kidul, dan 3) Sub-sub DAS Oyo Dayaan meliputi Desa Mangunan Kecamatan Dlingo Bantul (0,10 ha), Selopamioro Kecamatan Purwosari Bantul (52,69 ha), dan Desa Girisuko Kecamatan Paliyan Gunung Kidul (98,07 ha).

IV. KESIMPULAN

Parameter penentu prioritas penanganan erosi pada 150 sub-sub DAS di Sub DAS Oyo secara berurutan dari yang paling besar pengaruhnya adalah aspek kekasaran permukaan, kemiringan sungai, rerata rasio bifurkasi, kerapatan aliran, tekstur aliran, dan rasio kebulatan. Penentuan prioritas penanganan diperlukan dari sisi manajemen untuk mengalokasikan sumber daya yang bersifat terbatas sehingga dapat lebih efektif dalam mengatasi masalah erosi. Sub-sub DAS prioritas tinggi teridentifikasi sebanyak 21 sub-sub DAS dengan karakteristik morfometri memiliki bentuk iregular dan nilai kerapatan drainase yang cenderung sedang, relief beragam dari landai hingga curam, sehingga memiliki potensi aliran permukaan dan erosi yang besar. Kombinasi parameter morfometri dapat digunakan dalam menentukan lokasi prioritas penanganan erosi pada tingkat sub-sub DAS, namun kajian ini masih perlu

penelitian lanjutan mengenai perhitungan bobot pada setiap sub kriteria dan uji akurasi untuk meningkatkan hasil permodelan sebagai data masukan dalam pemodelan menggunakan FAHP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada tahun 2019 dan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Serayu Opak Progo Solo atas dukungan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aglanu, L. M. (2014). Watersheds and Rehabilitations Measures - A Review, *Resources and Environment*.4(2), 104–114.
<https://doi.org/10.5923/j.re.20140402.04>
- Asfaw, D., & Workineh, G. (2019). Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2), 150–157.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.003>
- Albaroot, M., Al-areeq, N. M., Aldharab, H. S., Alshayef, M., & Ghareb, S. A. (2018). Quantification of Morphometric Analysis using Remote Sensing and GIS Techniques in the Qa ' Jahran Basin , Thamar Province Yemen. *International Journal of New Technology and Research* (8), 12–22.
- Chandramohan, K., & Vijaya, R. (2016). An analysis of geomorphic quantitative study of bifurcation ratio and drainage pattern by using remote sensing and GIS techniques: a case study in Sirumalai Hill Environs, Tamil

- Nadu, India. *African Journal of Geo-Science Research*, 4(1), 12–15.
- Chaudhry, A. K., Kumar, K., & Alam, M. A. (2019). Mapping of groundwater potential zones using the fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique. *Geocarto International*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1695959>
- Faisol, A., Muslim, M. A., Suyono, H. (2014). Komparasi Fuzzy AHP dan AHP pada sistem pendukung keputusan investasi properti. *Jurnal ECCIS* 8 (2)
- Gajbhiye, S., Mishra, S., & Pandey, A. (2013). Effects of Seasonal/Monthly Variation on Runoff Curve Number for Selected Watersheds of Narmada Basin. *International Journal of Environmental Sciences* Vol 3, No 6: 2019-2020.
- Gajbhiye, S., & Ashish, S. K. M. (2014). Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective. *Applied Water Science* 4: 51–61. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0129-7>
- Cooke, R.U. dan Doorkamp, J.C. 1974. *Geomorphology in Environment Management, An Introduction*. Oxford.Clarendon Press.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, 47, 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.014>
- Hadi, Sutrisno. (2015). *Statistik (Edisi Revisi)*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Haidara, I., Tahri, M., Maanan, M., & Hakdaoui, M. (2019). Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to detect soil erosion vulnerability. *Geoderma*, Vol. 354. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.011>
- Hammad, A. A. (2009). Watershed erosion risk assessment and management utilizing revised universal soil loss equation-geographic information systems in the Mediterranean environments, *Water and Environment Journal* 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2009.00202.x>
- Horton, R.E. 1932. Drainage Basin Characteristics. *Transactions of American Geophysical Association*, 13, pp. 350-36.1
- Kacem, H. A., Fal, S., Karim, M., Alaoui, H. M., Rhinane, H., & Maanan, M. (2019). Application of fuzzy analytical hierarchy process for assessment of desertification sensitive areas in North West of Morocco. *Geocarto International*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1611949>
- Kadam, A. K., Jaweed, T. H., Kale, S. S., Bhavana, N., Sankhua, R. N., Kadam, A. K., ... Kale, S. S. (2019). Identification of erosion-prone areas using modified morphometric prioritization method and sediment production rate: a remote sensing and GIS approach. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 986–1006. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1555189>
- Kasmawati, Hasanah, U., & Rahman, A. (2016). Prediksi erosi pada beberapa penggunaan lahan di desa Labuan Toposo kecamatan Labuan Kabupaten Donggala. *Agrotekbis*, 4(6), 659–666.
- Kusumadewi, S. dan Hartanti, S., 2010, *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy*

- dan Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Lu, Je dan Zang, G., 2006 Multi-Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications With Fuzzy Set Technique. London : Imperial Colledge Press
- Malczewski, J., 2004, "GIS-Based Land-Use Suitability Analysis: A Critical Overview". *Journal Progress in Planning*, Vol. 62, hal: 3-64.
- Miardini, A., & Khasanah, alfiatun nur. (2017). Penentuan prioritas penanganan serta upaya rehabilitasi hutan dan lahan dalam pengendalian erosi dan sedimentasi di Sub DAS Slahung. *Prtosiding Seminar Nasional Ke-3 Pengelolaan Pesisir Dan DAS*.
- Miardini, A. (2019). Dinamika bentukan lahan fluvial akibat sedimentasi di sungai Grindulu, segmen Arjosari-Pacitan. *Jurnal Penelitian Pengelolaan DAS*, Vol. 3 No. 1, 13-25. doi <https://doi.org/10.20886/jppdas.2019.3.1.13-26>
- Mohammed, A., Adugna, T., & Takala, W. (2018). Morphometric analysis and prioritization of watersheds for soil erosion management in Upper Gibe catchment. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 6(1), 1419–1426. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.061.1419>
- Prabhakar, A. ., Singh, K. ., Lohani, A. K., & Chandniha, S. K. (2019). Study of Champua watershed for management of resources by using morphometric analysis and satellite imagery. *Applied Water Science*, 9(5), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1003-z>
- Morgan, R.C.P., 2005, *Soil Erosion and Conservation Third Edition*, Amerika : Blackwell Publishing.
- Saaty, T., & Vargas, L. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. In ... - Driven Demand and Operations Management Models (Vol. 175). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Saha, S., Gayen, A., Pourghasemi, H. R., & Tiefenbacher, J. P. (2019). Identification of soil erosion-susceptible areas using fuzzy logic and analytical hierarchy process modeling in an agricultural watershed of Burdwan district, India. *Environmental Earth Sciences*, 78(23), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8658-5>
- Saranaathan, S. ., & Manickaraj, S. (2017). Morphometric Analysis approach for Recharge and Soil Erosion potential in Morphometric Analysis approach for Recharge and Soil Erosion Potential in Agaram Watershed , Javadi Hill Range , Vellore District , Tamil Nadu , India. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 10(2), 298–303. <https://doi.org/10.21276/ijee.2017.10.0222>
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy. Geological Society of America, New Jersey. Vol .67
- Tangestani, M. H. (2009). A comparative study of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(1), 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2009.01.002>
- Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy Set, *Journal Information and Control*, Vol. 8, hal: 338-353.

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong