

PENERAPAN METODA FUZZY DALAM KLASIFIKASI LAHAN KRITIS BERBASIS *HYDRAULIC RESPONSE UNIT* (HRU) SUBDAS CISANGKUY

Implementation Of Fuzzy Method In Critical Land Classification Based On Hydraulic Response Unit (HRU) Cisangkuy Watershed Area.

Bambang Setio Budianto^a, Muhammad Yanuar Jarwadi Purwanto^b, Widiatmaka^c, Lilik Budi Prasetyo^d

^aProgram Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor – bs_budianto@yahoo.co.id

^bDepartemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Dept SIL-IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 Telp. (0251) 8627225

^cDepartemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^dDepartemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Abstract. Various natural disasters, such as floods and landslides, are often associated with extreme weather conditions, especially rainfall, where in fact the possibility of such a disaster will be smaller if the carrying capacity of the land is still good. The decrease of land carrying capacity is often due to land use change, so that the land is not capable to perform its functions and is categorized as critical land. The decline in land carrying capacity will affect other resources, especially water resources. Anticipatory measures of natural disasters such as floods and landslides can be perfectly prepared if information regarding land conditions, including land criticality, are available in detail and up to date. The classification and mapping of land criticality becomes an important component in the preparation of land rehabilitation and natural disaster prevention plans including setting the priority actions. The Minister of Forestry Regulation no P.32 / Menhut-II / 2009 concerning Procedures for Preparation of Forest and Watershed Technical Rehabilitation Plan was used as criteria for land classification and both Fuzzy and Crisp calculation methods were applied to calculate the final score. Different classification results were found in 23 HURUs and comparing to actual conditions, the Fuzzy method gives more accurate results than Crisp method.

Keywords: Lahan Kritis, SIG, Fuzzy, Hydraulic Response Unit, HRUs

(Diterima: 14-06-2017; Disetujui: 14-08-2017)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam dekade terakhir ini, frekuensi dan intensitas terjadinya bencana alam yang berkaitan dengan lahan seperti longsor dan banjir semakin meningkat. Peningkatan intensitas dan frekuensi bencana alam lebih sering dikaitkan dengan perubahan iklim, khususnya cuaca ekstrem. Meskipun bencana alam tersebut terjadi pada saat terjadinya cuaca ekstrem, bukan berarti cuaca ekstrem merupakan satu-satunya penyebab terjadinya bencana. Bencana longsor dan banjir tidak akan terjadi apabila daya dukung lahan masih baik.

Antisipasi terjadinya bencana alam khususnya yang berkaitan dengan sumber daya lahan dilakukan dengan menjaga, meningkatkan, dan memperbaiki daya dukung lahan. Peningkatan dan perbaikan kondisi lahan akan sangat bergantung pada komponen-komponen yang berpengaruh terhadap kondisi lahan seperti pola penutupan lahan, kemiringan, tingkat erosi, dan tingkat manajemen lahan yang dilakukan. Dengan kata lain informasi tentang komponen-komponen tersebut mutlak diperlukan dalam program perbaikan daya dukung lahan.

Berbagai metoda pengumpulan dan pengolahan data telah diterapkan dan dikembangkan dalam rangka pengelolaan sumber daya lahan, terutama pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Penggunaan citra satelit dalam pengelolaan sumberdaya alam khususnya sumber daya lahan telah dibuktikan manfaatnya (Baharudin, 2010; Purwaamijaya, 2013; Prasetyo *et al.*, 2013). Pemanfaatan citra satelit dalam pengelolaan lahan masih harus dikembangkan untuk mempercepat proses serta meningkatkan akurasi.

Pada penelitian ini evaluasi terhadap kekritisan lahan dilakukan berbasis *Hydraulic Response Unit* (HRU) yang dihasilkan dari perangkat lunak Soil and Water Analysis Tool (SWAT). Evaluasi berbasis HRU selain akan mempercepat proses evaluasi, karena untuk berbagai area yang mempunyai karakteristik hidrologis yang sama perhitungan akan dilakukan satu kali, juga akan sekaligus memperkecil kebutuhan memori pada perangkat keras, sehingga tidak memerlukan perangkat keras dengan spesifikasi khusus. Penggunaan perangkat lunak SWAT dalam pembentukan HRU akan memperkecil kesalahan yang bersumber pada manusia. Selain menghasilkan HRU, simulasi SWAT akan memberikan besaran erosi yang merupakan salah satu kriteria pentapan tingkat kekritisan lahan. Kendala

penggunaan perangkat lunak SWAT adalah diperlukannya beberapa data tambahan, serta operasional perangkat lunak tersebut tidak mudah.

Peraturan Menteri Kehutanan RI no P.32/Menhut-II/2009 membedakan tingkat kekritisan lahan berdasarkan nilai yang dihitung berdasarkan kelas dan bobot dari setiap kriteria penilaian. Pada umumnya perhitungan nilai kekritisan lahan dilakukan menerapkan himpunan tegas (*Crisp*). Perhitungan dengan himpunan tegas sangat mudah dilakukan, namun pada kenyataannya seringkali dijumpai situasi dimana dua kondisi riil dilapangan nampak “mirip” namun dari hasil perhitungan menunjukkan perbedaan tingkat kekritisan, sebaliknya kadang dijumpai dua kondisi yang nampak berbeda tetapi hasil perhitungan menunjukkan tingkat kekritisan yang sama. Dalam kaitan tersebut metoda himpunan *Fuzzy* akan diterapkan dengan harapan dapat memberikan gambaran yang lebih selaras antara hasil perhitungan dengan kondisi riil di lapangan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

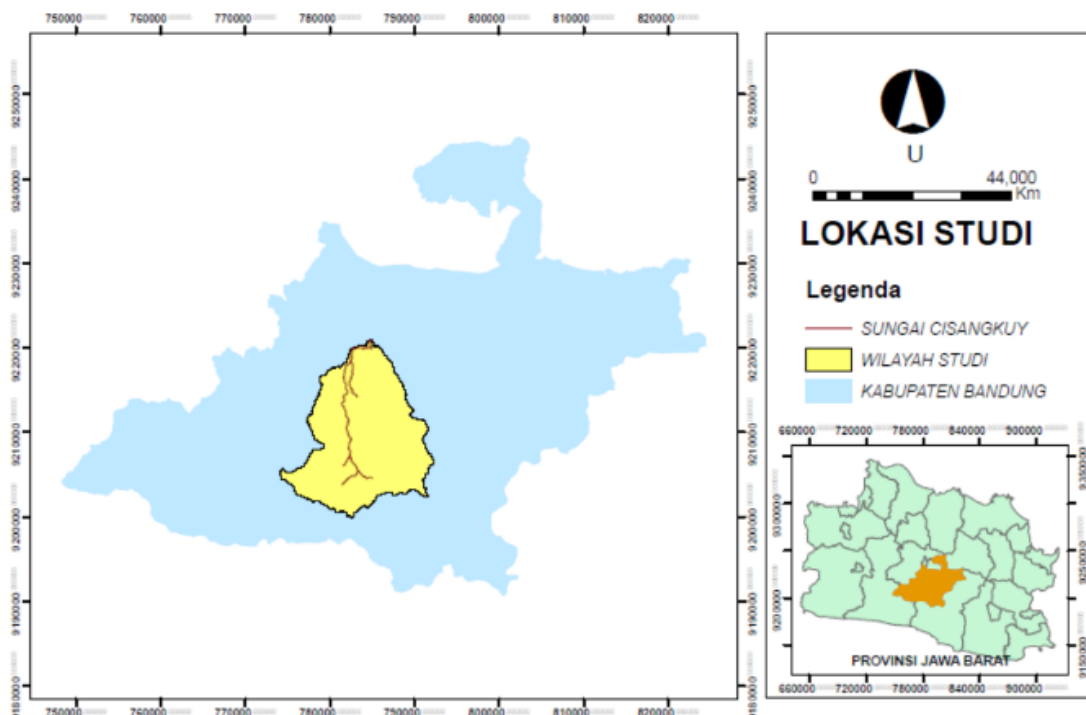
1. Melakukan klasifikasi lahan kritis Kawasan Lindung SubDAS Cisangkuy berbasis HRU, dengan metoda *Fuzzy*.
2. Membandingkan hasil klasifikasi lahan khritis berdasarkan metoda *fuzzy* dengan metoda Himpunan tegas (*crisp*).

2. Metode

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Sub-DAS Cisangkuy, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, area penelitian mencakup hulu sungai Cisangkuy hingga outlet Pos duga Kamasan Desa Padamukti Sukaresmi, dengan koordinat: 7°2'46" LS-107°34'40" BT (Gambar 1). Sub-DAS Cisangkuy dipilih karena sub-DAS ini memberikan kontribusi yang besar terhadap terjadinya banjir di daerah Bandung Selatan. Sub-Das Cisangkuy merupakan bagian dari DAS Citarum yang termasuk dalam DAS yang tidak aman, dan menurut Anik (2007) Sub-DAS Cisangkuy merupakan bagian dari 13 Sub-DAS di DAS Citarum dengan kategori sangat kritis. Pesatnya perubahan tataguna lahan di sub-DAS ini diduga akan meningkatkan luasan lahan kritis, sehingga penelitian di wilayah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap upaya pemulihan lahan kritis.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka (*desk study*) berupa analisis peta citra dan data sekunder dari instansi terkait, baik dari BPDAS Citarum Ciliwung, BBWS Citarum, dan Dinas PSDA Jawa Barat.



Gambar 1. Lokasi Studi

2.2. Analisa Data

Klasifikasi kekritisan lahan dilakukan untuk setiap HRU dengan mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan RI no P.32/Menhut-II/2009 yang mendasarkan penilaian terhadap 4 komponen penilaian yaitu penutupan lahan, kemiringan lereng, tingkat erosi, dan

managemen pengelolaan lahan. Data penutupan lahan diperoleh melalui pengolahan citra SPOT6, kemiringan lereng diperoleh dari Data DEM (SRTM 30 x 30 m), besaran erosi diperoleh melalui simulasi hidrolis dengan perangkat lunak SWAT, sedangkan tingkat manajemen lahan ditetapkan berdasarkan laporan program BPDAS Citarum Ciliwung.

Pembentukan HRU dan perhitungan tingkat erosi dilakukan menggunakan perangkat lunak SWAT dengan data input sebagai berikut:

1. Data DEM (SRTM 30 x 30 m)
2. Peta Tutupan Lahan diolah dari peta Citra SPOT 6
3. Peta Tanah skala 1 : 100 000 (BPDAS Citarum Ciliwung 2015)
4. Peta Jaringan Sungai 1:250,000
5. Data Iklim
 - a. Data Curah Hujan (stasiun Ciherang, Stasiun Bandung, Stasiun Cileunca, Cibereum, Kertamanah, Cipanas) tahun 2005-2014
 - b. Data Suhu (stasiun Bandung) tahun 2005-2014
 - c. Data Kecepatan angin (stasiun Bandung) tahun 2005-2014

- d. Data Kelembaban udara (stasiun Bandung) tahun 2005-2014
- e. Data Radiasi Matahari (stasiun Bandung) tahun 2005-2014
6. Data Debit Aktual (stasiun Kamasan) tahun 2005-2014.

Dari hasil simulasi SWAT dilakukan klasifikasi kekritisan lahan menggunakan metoda *Crisp* dan *Fuzzy*. Baik perhitungan dengan metoda Crisp maupun Fuzzy dilakukan dengan mengacu pada kriteria seperti disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada perhitungan metoda *Crisp* dilakukan dengan persamaan sebagai berikut (Persamaan 1):

$$\text{Nilai} = \sum \text{ bobot} \times \text{Skor} \tag{1}$$

Tabel 1. Kriteria Klasifikasi Lahan Kritis

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran / Deskripsi	Skor	Keterangan
1	Penutupan Lahan (50)	Sangat baik	>80%	5	Dihitung berdasarkan presentase penutupan tajuk
		Baik	61 – 80%	4	
		Sedang	41 – 60%	3	
		Buruk	21 – 40%	2	
		Sangat buruk	≤ 20%	1	
2	Lereng (20)	Datar	< 8%	5	
		Landai	8 – 15%	4	
		Agak curam	16 – 25%	3	
		Curam	26 – 40%	2	
		Sangat curam	≥ 40%	1	
3	Erosi (ton/ha/tahun) (20)	Sangat ringan	< 15	5	
		Ringan	15 – 60	4	
		Sedang	61 – 180	3	
		Berat	181 – 480	2	
		Sangat berat	> 480	1	
4	Manajemen (10)	Baik	Lengkap	5	Tata batas ada, pengamanan pengawasan ada, penyuluhan dilaksanakan
		Sedang	Tidak lengkap	3	
		Buruk	Tidak ada	1	

Tabel 2. Klasifikasi kekritisan lahan di Kawasan Hutan Lindung

No.	Tingkat Kekritisan Lahan	Besarnya Nilai
1.	Sangat kritis	120 – 180
2.	Kritis	181 – 270
3.	Agak kritis	271 – 360
4.	Potensial kritis	361 – 450
5.	Tidak kritis	451 – 500

Berdasarkan kriteria tersebut disusun keanggotaan himpunan Fuzzy untuk masing komponen penilaian, meskipun untuk komponen manajemen, dimana diterapkan skala kualitatif, himpunan tegas (*crisp*) lebih tepat untuk diterapkan. Dengan menetapkan nilai tengah sebagai nilai keanggotaan penuh maka diperoleh diagram keanggotaan fuzzy seperti disajikan pada Gambar 2.

Klasifikasi lahan kritis dengan Metoda *Fuzzy* Sugeno dipilih karena luaran dari metode tersebut berupa nilai tegas (Kusumadewi dan Purnomo, 2010), sehingga langsung dapat digunakan dalam klasifikasi kekritisan lahan. Perhitungan dengan metoda Fuzzy Sugeno dipandang relative lebih mudah dibandingkan

dengan metoda fuzzy lainnya. Kastaman *et al.* (2007) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa metoda fuzzy mampu mengatasi ketidakpastian dalam klasifikasi lahan kritis, namun memerlukan perangkat lunak dan perangkat keras yang canggih. Dengan menerapkan metoda fuzzy Sugeno maka kendala perangkat lunak dan perangkat keras dapat diatasi mengingat metoda ini dapat dilakukan dengan perangkat lunak yang umum digunakan seperti *EXCEL* dan *ARCGIS*, baik melalui langkah biasa maupun melalui Macro. Adapun persamaan yang digunakan adalah (Persamaan 2):

$$Z = \frac{\alpha_i z_i + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_i + \dots + \alpha_n} \tag{2}$$

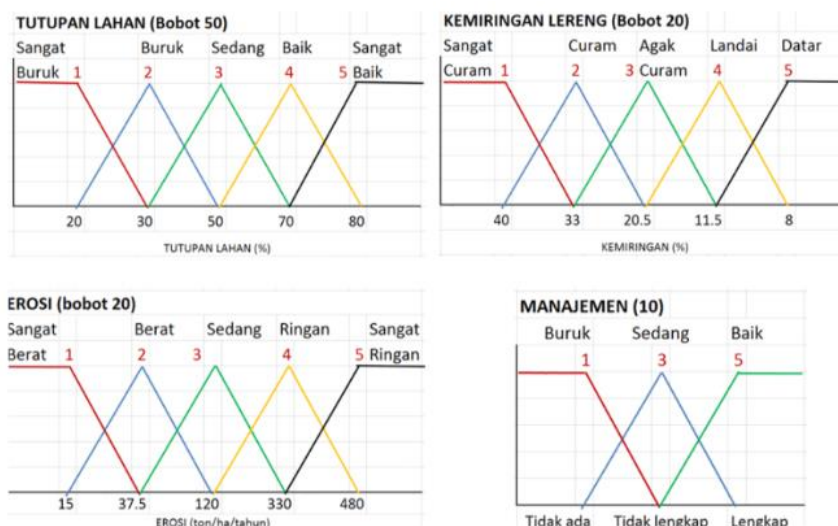
dimana:

Z = Nilai

$\alpha_i = \min(\mu_{\text{tutupan}}, \mu_{\text{lereng}}, \mu_{\text{erosi}}, \mu_{\text{manajemen}})$

$z_i =$ nilai solusi ke i

$\mu =$ keanggotaan himpunan Fuzzy



Gambar 2. Diagram Himpunan Fuzzy Lahan Kritis

3. Hasil dan Pembahasan

Secara keseluruhan wilayah penelitian mencakup area dengan luas total 13 096.31 Ha, dengan pola penggunaan lahan, kelas kemiringan lereng seperti disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4, sedangkan kondisi tanah di daerah penelitian disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 3.

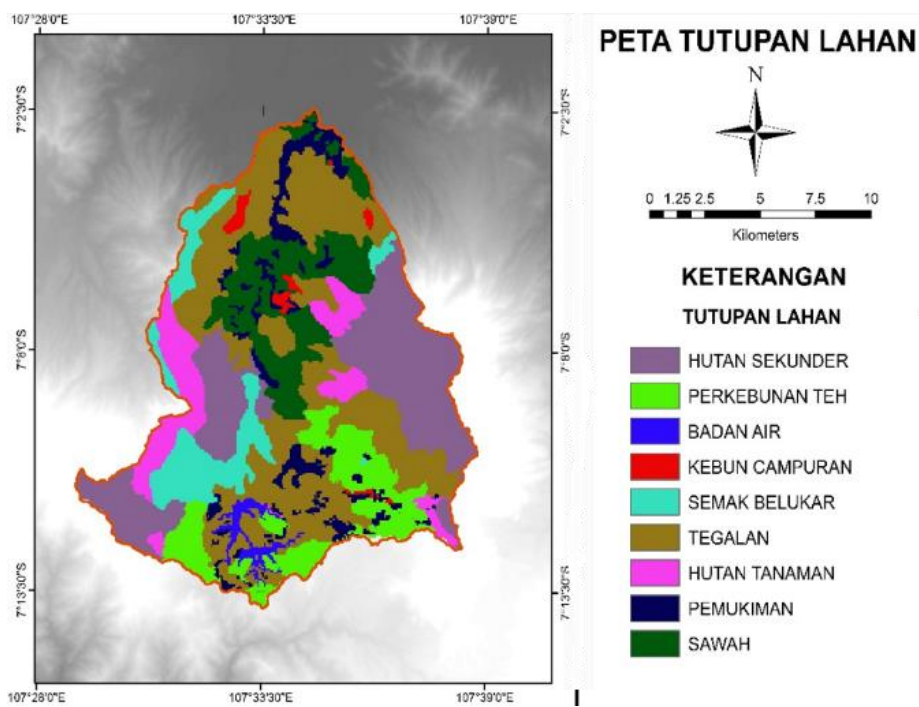
Dari hasil simulasi SWAT diperoleh 141 HRU, dengan tingkat erosi bervariasi antara 1,682 ton/ha/tahun sampai 879,837 ton/ha/tahun. Perhitungan dan klasifikasi lahan dilakukan sesuai dengan jumlah HRU yaitu sebanyak 141 kali, jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah petak lahan hasil *overlay* peta Tutupan Lahan, Kemiringan Lereng, dan Jenis Tanah. Klasifikasi berbasis HRU, selain lebih efisien, hasilnya akan lebih mudah digunakan dalam penyusunan prioritas penanggulangan lahan kritis Hal yang sama disimpulkan pula oleh Kumar dan Mishra (2015).

Hasil klasifikasi lahan menggunakan metoda Fuzzy menunjukan bahwa 15 HRU termasuk klasifikasi Sangat Kritis, 55 HRU Kritis, 38 HRU Agak Kritis, dan 32 HRU potensial kritis. Hasil klasifikasi lahan menggunakan metoda Crisp menunjukan bahwa 18 HRU termasuk klasifikasi Sangat Kritis, 54 HRU Kritis, 36 HRU Agak Kritis, dan 32 HRU potensial kritis. Hasil Klasifikasi lahan kritis dengan metoda Fuzzy dan Crisp secara berturut-turut disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

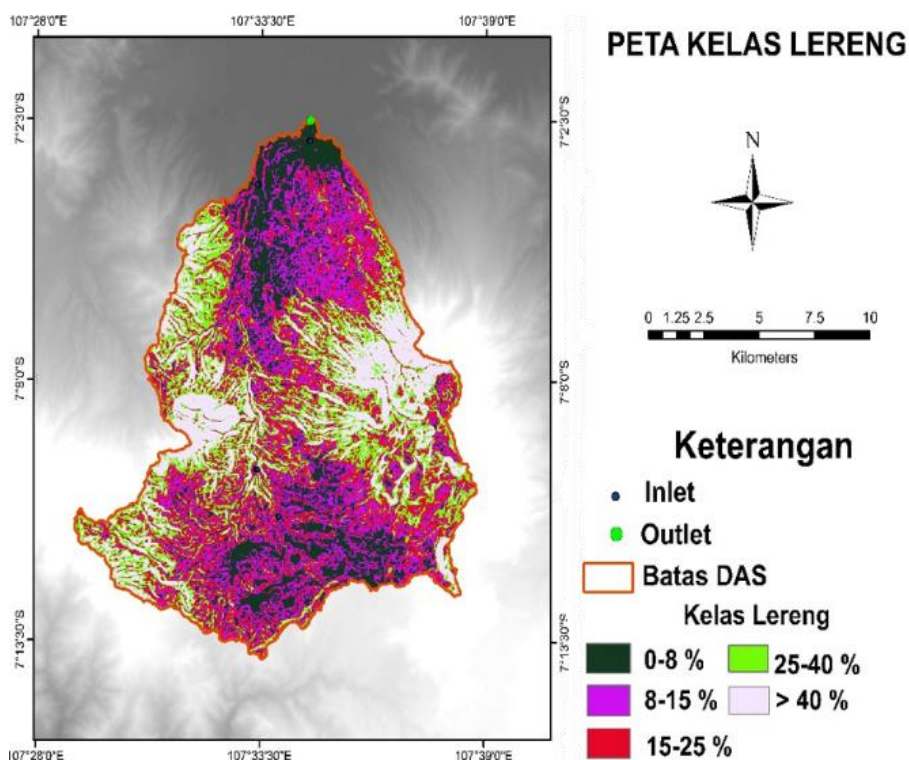
Perbandingan hasil klasifikasi kekritisan lahan dengan metoda Fuzzy dan metoda Crisp menunjukkan perbedaan klasifikasi pada 23 HRU. Gambar 8 dan Tabel 5 menunjukkan perbedaan hasil klasifikasi yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- Dari 15 HRU yang pada metoda Fuzzy dikategorikan sebagai sangat kritis, 4 pada metoda Crisp diantaranya dikategorikan sebagai kritis.
- Dari 55 HRU yang pada metoda Fuzzy dikategorikan sebagai kritis, pada metoda Crisp 7 diantaranya dikategorikan sebagai sangat kritis, dan 4 HRU kategorikan agak kritis.
- Dari 38 HRU yang pada metoda Fuzzy dikategorikan sebagai agak kritis, pada metoda Crisp 2 diantaranya dikategorikan sebagai kritis, dan 3 HRU kategorikan potensial kritis.
- Dari 32 HRU yang pada metoda Fuzzy dikategorikan sebagai potensial kritis, pada metoda Crisp 3 diantaranya dikategorikan sebagai agak kritis.

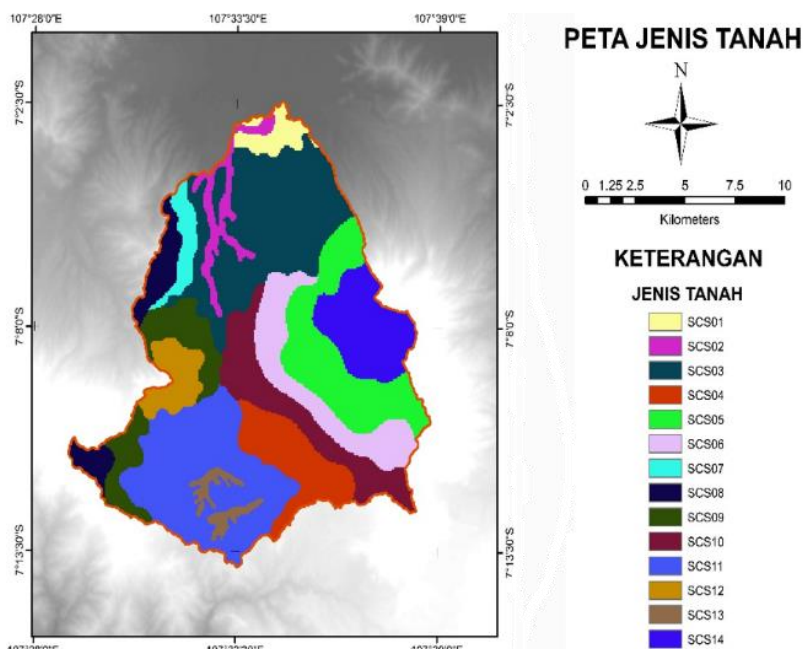
Sejalan dengan kesimpulan Hall *et al.* (1992), klasifikasi lahan kritis dengan metoda Fuzzy Sugeno menghasilkan nilai kekritisan lahan secara lebih detail, sehingga informasi yang diberikan lebih banyak dan akurat. Metoda Fuzzy memberikan nilai keanggotaan himpunan dari 0 hingga 1 untuk setiap kriteria penilaian, sehingga perbedaan kondisi lapangan yang kecil dapat diperhitungkan. Dengan kata lain metoda Fuzzy mampu membedakan lahan memiliki perbedaan yang bergradasi (Keshavarzi *et al.* 2010).



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan



Gambar 4. Peta Kelas Lereng



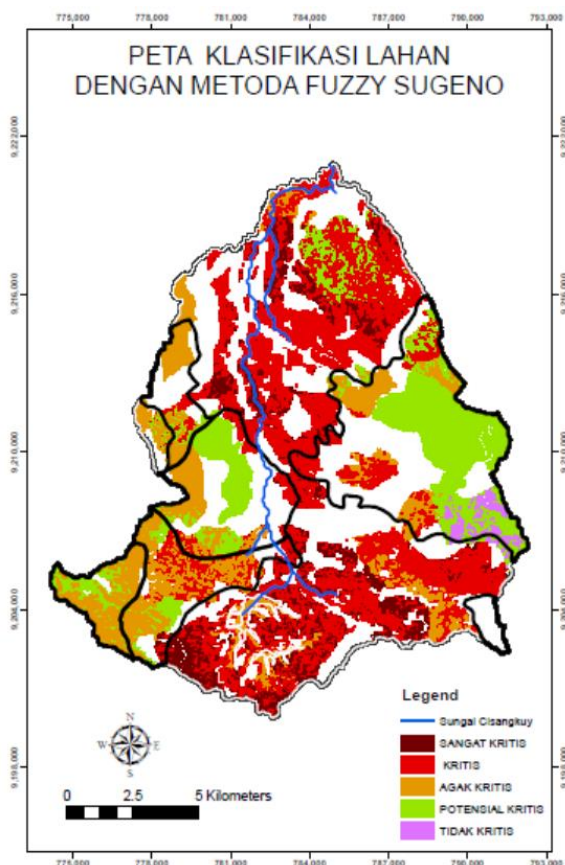
Gambar 5. Peta Jenis Tanah

Tabel 3. Jenis Tanah SubDAS Cisangkuy

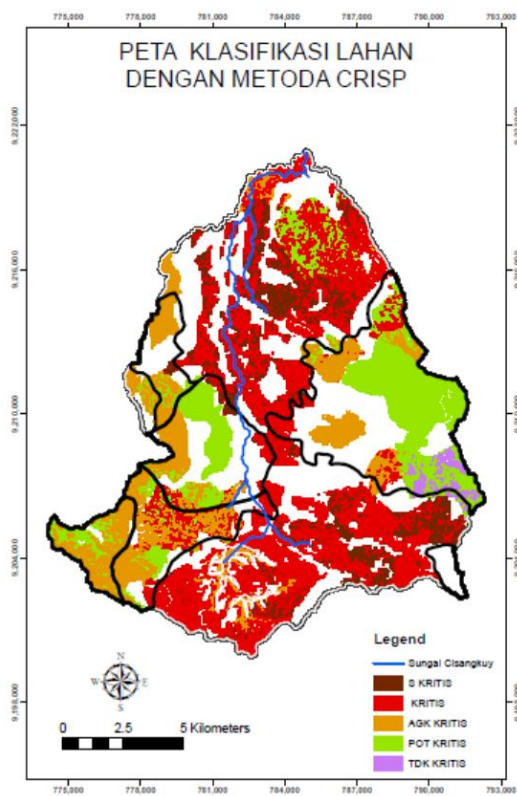
Jenis Tanah	Kode	Luas (ha)
Typic Trophaquepts, Vertic Trophaquepts, Vertic Eutric	SCS01	462
Typic Eutropepts, Typic Trophaquepts	SCS02	671
Typic Humitropepts, Aquic Eutropepts, Typic Eutropepts	SCS03	4 024
Thaptic Hapludands, Eutric Hapludands	SCS04	1 454
Typic Hapludolls, Andic Hapludolls, Oxic Dystropepts	SCS05	2 498
Typic Hapludolls, Typic Eutropepts	SCS06	1 646
Typic Hapludalfs, Typic Eutropepts	SCS07	444
Typic Humitropepts, Typic Eutropepts	SCS08	843
Eutric Hapludands, Typic Kandudalfs	SCS09	1 386
Eutric Hapludands	SCS10	1 737
Typic Melanudands, Eutric Hapludands	SCS11	3 625
Typic Hapludands, Eutric Hapludands	SCS12	724
Waduk	SCS13	356
Oxic Humitropepts, Typic Eutropepts	SCS14	1 679

Tabel 4. Klasifikasi Lahan Kritis Dengan Metoda Fuzzy dan Metoda Crisp.

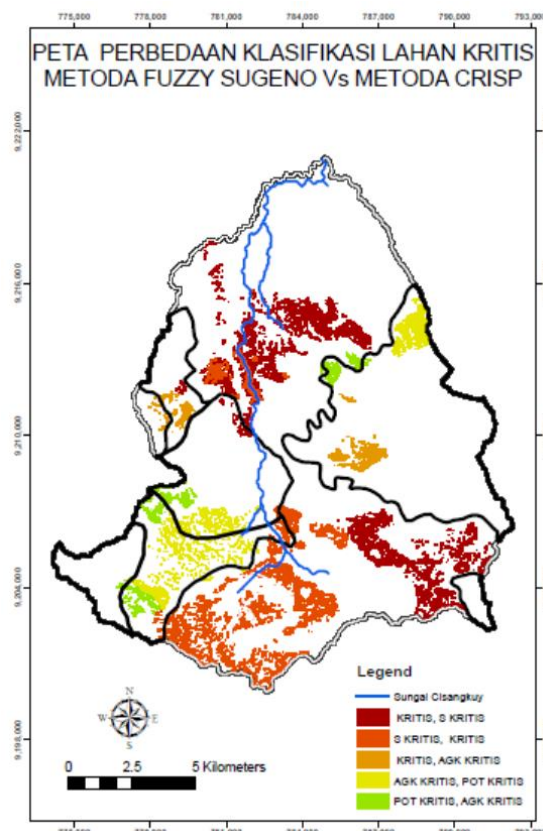
Status	Fuzzy (Hru)	Crisp (Hru)
S Kritis	79	110
Kritis	321	325
Agak Kritis	139	126
Pot Kritis	133	111
Tidak Kritis	48	48



Gambar 6. Peta Klasifikasi Lahan Kritis Dengan Metoda Fuzzy



Gambar 7. Peta Klasifikasi Lahan Kritis Dengan Mo-
toda Crisp



Gambar 8. Peta Perbedaan Klasifikasi Lahan Kritis
Metoda Fuzzy Vs. Metoda Crisp

Tabel 5. Matriks Perbedaan Klasifikasi Lahan Metoda Fuzzy dan
Metoda Crisp

	FUZZY SUGENO			
	Sangat Kritis (15)	Kritis (55)	Agak Kritis (38)	Potensial Kritis (32)
CRISP	Sangat Kritis (15)	7		
	Kritis (55)	4	2	
	Agak Kritis (38)		4	3
	Potensial Kritis (32)			3

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi lahan kritis dengan metoda Fuzzy mampu menggambarkan kondisi lapangan secara lebih akurat dibandingkan dengan metoda Crisp. Proses klasifikasi Lahan kritis dengan metoda Fuzzy berbasis HRU dapat dilakukan secara cepat menggunakan perangkat komputer standar.

Daftar Pustaka

[1] Anik, S, 2007. Evaluasi Kekritisn Lahan Daerah Aliran Sungai. *Jurnal Presipitasi*. 2(1), pp. 8-14.
 [2] Baharuddin, 2010. Pemanfaatan Inderaja Dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Inventarisasi Lahan Kritis Di Kabupaten Kolaka Utara. *Jurnal Perenial*. 6(2), pp. 83-89.

[3] Hall, G.B., F. Wang, Subaryono, 1992. Comparison of Boolean and fuzzy classification methods in land suitability analysis by using geographical information systems, *Environment and Planning A*. 24, pp. 497-516.
 [4] Hasan M., A. Sapei, J. Purwanto, Sukardi, 2011, Kajian kebijakan pengelolaan sumber daya air pada daerah aliran sungai Citarum, *Jurnal Sumber Daya Air*. 7(2), pp. 105-118.
 [5] Kastaman R., D.R. Kendarto, S. Nugraha, 2007. Penggunaan Metode Fuzzy Dalam Penentuan Lahan Kritis Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Daerah SUBDAS Cipeles. *Jurnal Teknotan*. 1(2), pp. 1-11.
 [6] Keshavarzi A., F. Sarmadian, A. Heidari, M. Omid, 2010. Land Suitability Evaluation Using Fuzzy Continuous Classification (A Case Study: Ziaran Region). *Modern Applied Science*. 4(7), pp. 72-81.
 [7] Kumar S., A. Mishra, 2015. Critical Erosion Area Identification Base on Hydrological Response Unit Level for Effective Sedimentation Control in River Basin. *Water Resource Management*. 29(6), pp. 1749-1765.
 [8] Kusumadewi, S., H. Purnomo, 2010, Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu, Yogyakarta.
 [9] Purwaamijaya, I.M., I. Widianingsih, 2013. Aplikasi GIS Untuk Pengelolaan Das Berkelanjutan Di Sub DAS Ciwidey Kabupaten Bandung, Kolokium Pengelolaan Sumberdaya Ait 2013, Puslitbang Sumber Daya Air, Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum, Bandung.
 [10] Prasetyo, S.Y.J., B.S. Hasiholan, Hartomo, P.K.D. Mila, B. Nuswantoro, 2013. Geographic Information System of Critical Level of Land Degradation (Critical Land) Based on Agro-ecological Zone (AEZ) in Agricultural Areas with Recombination Method of Fuzzy Logic and Scoring. *International Journal of Computer Science Issues*. 10(1), pp. 217-221.