

## Pemetaan Status Kerusakan Tanah di Lahan Pertanian di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali

### Damage Status Mapping Soil in Agricultural Land in District Cepogo Boyolali

Sumarno <sup>2)</sup>, Sri Hartati<sup>2)</sup>, Ratna C Hapsari<sup>1)</sup>

#### ABSTRACT

Land used in agriculture plays an important role in supporting the production of biomass. Destruction of land for biomass production is changing the nature of the soil that exceeded the standard criteria of soil damage. Mapping of land degradation status is useful to know the condition of the soil and tillage correct action. This study was conducted using a survey in the Subdistrict Cepogo Regency Boyolali. Existing data will be scoring and matching with standard criteria for biomass production ground damage that Government Regulation No. 150 of 2000. Analysis of the data shows that there is no damage land area covering 744,1 Ha (13,7%) and there are areas relatively lightly damaged by parameters of degradation status, namely the composition of the fraction covering 494,4 ha (9,1%), the degree of release of water parameters covering 294,4 ha (5,4%) and a combination of parameters fraction composition and the degree of release of water covering 1.813 Ha (33, 4%).

**Keywords** : soil damage, standard criteria, matching, map

#### PENDAHULUAN

Salah satu fungsi dari tanah yaitu sebagai media tumbuh tanaman untuk menghasilkan biomassa. Adanya kerusakan lahan pertanian akibat dari budidaya yang kurang tepat atau karena faktor dari luar akan mengakibatkan penurunan kualitas dari tanah itu sendiri (Sukisno et al. 2011). Kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah berubahnya sifat dasar tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan tanah.

Dalam penentuan kerusakan tanah terdapat parameter-parameter yang mencakup sifat dasar tanah. Seperti yang disebutkan oleh Pemerintah RI (2000) antara lain pH tanah, redoks, jumlah total mikrobia, daya hantar listrik, komposisi fraksi, derajat pelulusan air, berat isi, porositas, kedalaman solum, kebatuan permukaan dan erosi.

Kecamatan Cepogo adalah salah satu kecamatan dari Sembilan belas kecamatan yang ada di kabupaten boyolali. Sebagian besar luas total kecamatan cepogo ialah lahan pertanian (BPS 2012). Dengan terpetakannya potensi dan status kerusakan tanah maka dapat diketahui tingkat kerusakan tanah yang ada dengan parameter penyebab kerusakannya. Selain itu dapat menentukan tindakan pengelolaan tanah yang sesuai sehingga kerusakan tanah dapat dicegah dan/atau diperbaiki.

#### METODE PENELITIAN

Percobaan ini dilaksanakan di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali dan analisis tanah di Laboratorium Pedologi dan Survei Tanah, Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah serta Laboratorium Biologi dan Kesehatan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Bahan yang digunakan yaitu peta curah hujan, peta jenis tanah, peta kontur dan peta penggunaan lahan (*land use*), sampel tanah terusik dan tidak terusik. Alat yang digunakan yaitu alat yang digunakan di lapang seperti GPS, kompas, meteran dll serta alat yang digunakan untuk analisis di laboratorium seperti analisis tekstur, berat volume dll.

Penelitian ini menggunakan metode survei yaitu penelitian dengan mengumpulkan dan mengamati kondisi di lapang, setelah itu dilakukan uji laboratorium. Diawali dengan penyiapan peta kerja. Penyusunan peta status kerusakan tanah dilakukan dengan metode *matching* dengan kriteria baku kerusakan tanah Peraturan Pemerintah Nomor 150 Tahun 2000. Selanjutnya dilakukan scoring dari hasil *matching*. Melakukan penjumlahan nilai skor dan pembuatan peta hasil.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Potensi Rusak Kecamatan Cepogo

Menumpang susunkan (*overlay*) peta jenis tanah, peta curah hujan, peta kontur dan peta penggunaan lahan (*land use*) di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali akan didapatkan lokasi pengambilan titik sampel yang akan diambil. Pembuatan peta titik sampel dibuat dengan beberapa tahapan antara lain: (1) pembuatan peta wilayah efektif, (2) kemudian dilakukan penskorangan potensi kerusakan lahan pada peta tematik, (3) *overlay* peta tematik akan

<sup>1)</sup> Lecturer of Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture University of Sebelas Maret (UNS) In Surakarta.

<sup>2)</sup> Undergraduate Student of Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture University of Sebelas Maret (UNS) In Surakarta.

Contact author: ratnacahyaninghapsari@yahoo.com

dihasilkan satuan peta lahan/SPL dan titik sampel, (4) pembuatan peta potensi rusak.

Peta wilayah efektif

Peta wilayah efektif ialah peta yang berisi tentang wilayah atau daerah yang termasuk ke dalam wilayah yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan biomassa pertanian yang ada di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali seperti daerah pertanian dan perkebunan. Luas wilayah yang termasuk ke dalam wilayah efektif 3.345,9 Ha sedang untuk wilayah yang bukan termasuk ke dalam wilayah efektif yaitu 2.077,5 Ha.

**Penskoringan Potensi Kerusakan Tanah**

Nilai skoring potensi kerusakan tanah didapatkan dari hasil perkalian antara nilai rating (nilai potensi masing-masing unsur peta tematik terhadap kerusakan tanah dengan nilai bobot masing-masing peta tematik yaitu peta tanah, peta kontur, peta curah hujan, peta penggunaan lahan). Nilai rating ditetapkan berkisar 1 sampai 5, sementara nilai bobot didasarkan kepada penilaian potensi kerusakan tanah. Semakin tinggi nilai skoring pembobotan yang didapat, semakin tinggi pula potensi wilayah tersebut mengalami kerusakan tanah. Dari hasil penskoringan didapatkan bahwa untuk potensi kerusakan tanah rendah berada di SPL 1, untuk rusak sedang berada di SPL 2,3,4,5,6,8 dan 9. Untuk rusak tinggi berada di SPL 7,10 dan 11. Skoring setiap peta tematik dapat dilihat pada Tabel 1.

**Overlay Peta Tematik**

Setelah didapatkan areal kerja efektif dan nilai skor dari masing-masing peta tematik, maka selanjutnya dilakukan *overlay* peta tematik. Hasil dari *overlay* yang ada akan menghasilkan poligon-poligon baru dengan atribut kondisi lahan sesuai dengan peta tematik yang digunakan. Dari hasil *overlay* didapatkan 11 satuan peta lahan/SPL. Sehingga akan didapatkan 11 titik pengambilan sampel.

**Peta Potensi Rusak Kecamatan Cepogo**

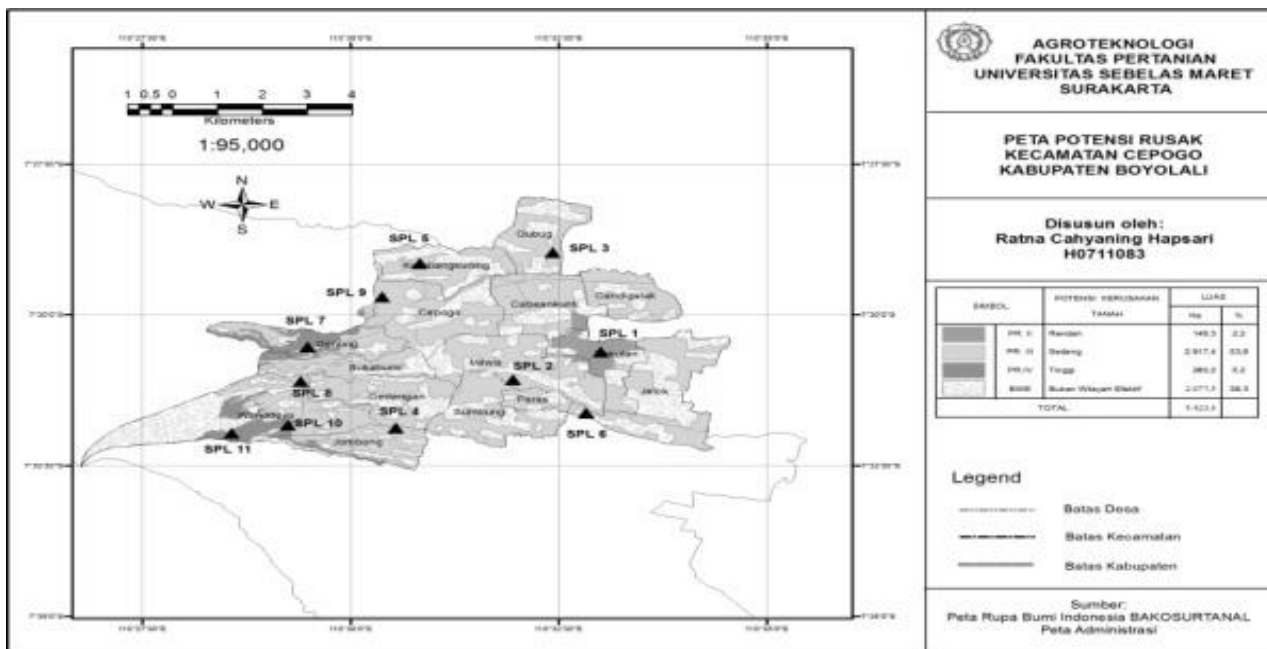
Peta potensi rusak menjelaskan tentang luas wilayah penelitian yang dihasilkan dari skor pembobotan potensi kerusakan tanah setiap peta tematik yang ada. Terdapat 3 kelas kerusakan tanah yaitu PR II (kerusakan rendah), PR III (kerusakan sedang) dan PR IV (kerusakan tinggi). Luas wilayah yang termasuk ke dalam PR II (kerusakan rendah) yaitu 148,3 ha dengan persentase 2,2%. Untuk luas wilayah yang termasuk dalam PR III (kerusakan sedang) yaitu 2.917,4 Ha dengan persentase 53,8%. Untuk luas wilayah yang termasuk ke dalam PR IV (kerusakan tinggi) yaitu seluas 280,2 Ha dengan persentase 5,2%. Sedangkan untuk sisa wilayah sebanyak 2.077,5 Ha dengan persentase 38,8% masuk kedalam BWE (bukan wilayah efektif).

**Status Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa**

**Penentuan Status kerusakan Tanah**

Penentuan status kerusakan tanah terbagi menjadi dua tahap evaluasi yaitu: *matching* atau membandingkan data parameter hasil pengamatan dengan kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa yang telah ditentukan. Tahap berikutnya yaitu *scoring*, yaitu menghitung frekuensi relative tanah yang tergolong rusak sesuai dengan kriteria baku yang sudah ada.

Kesebelas SPL yang ada memiliki ketinggian yang bermacam-macam namun berada diatas 500 meter diatas permukaan laut. Penggunaan lahannya tegalan dan kebun campuran, namun sebagian besar lahan digunakan untuk tegalan. Curah hujan yang ada di Kecamatan Cepogo 2000-3000 untuk keseluruhan SPL yang ada. Kemiringan lereng beraneka ragam mulai dari 4% hingga 41%. Konservasi tanah yang ada yaitu dengan dibuat teras tradisional dan teras bangku.



Gambar 1. Peta Potensi Rusak Kecamatan Cepogo

Tabel 1. Karakteristik lapangan Kecamatan Cepogo

SPL	Dusun/ Desa	Elevasi	Penggunaan lahan	Vegetasi	Curah hujan	Bahan induk	Kemiringan lereng (%)	Panjang lereng (m)	Tindakan konservasi
1	Bakulan	696	Kebun campuran	Cabai, papaya, durian, nangka, kela pa, sengo	2000- 3000	Vulkanik	4	16	Teras tradisional
2	Mliwis	831	Tegalan	Cabai, ketela, rumput gajah	2000- 3000	Vulkanik	10	15	Teras bangku
3	Gubug	706	Tegalan	Cabai, sengo, pisang, bambu, rumput gajah, kelapa	2000- 3000	Vulkanik	5	15	Teras tradisional
4	Jombang	1033	Tegalan	Cabai, ketela pohon, tembakau, timun, sawi putih, kapri	2000- 3000	Vulkanik	11	19	Teras bangku
5	Kembang Kuning	907	Tegalan	Tembakau, kacang tanah, jagung, ketela pohon, wortel, kacang panjang	2000- 3000	Vulkanik	16	16	Teras tradisional
6	Jelok	704	Tegalan	Cabai, mindi, pisang, singkong, rumput gajah	2000- 3000	Vulkanik	10	8	Tanpa tindakan konservasi
7	Genting	1255	Tegalan	Bawang merah, tembakau, wortel, mindi	2000- 3000	Vulkanik	18	12	Teras tradisional
8	Wonodoy o	1275	Tegalan	Bawang merah, adas, tembakau, rumput gajah	2000- 3000	Vulkanik	13	16	Teras tradisional
9	Cepogo	1031	Tegalan	Cabai, bawang merah, singkong, pisang, mindi	2000- 3000	Vulkanik	12	16	Teras bangku
10	Wonodoy o	1315	Tegalan	Bawang merah, tembakau, cabai, sawi hijau	2000- 3000	Vulkanik	25	8	Teras bangku
11	Wonodoy o	1573	Tegalan	Bawang merah, tembakau, kapri	2000- 3000	Vulkanik	41	7	Teras tradisional

Sumber: Analisis lapang.

Tabel 2. Matching nilai parameter kerusakan tanah tiap satuan peta lahan Kecamatan Cepogo

SPL	Kedalaman (cm)	Kebatuan permukaan (%)	Komposisi fraksi (%)			Berat volume (g/cm <sup>3</sup> )	pH tanah	Redoks tanah (mV)	Porositas (%)	DHL (mS/cm)	Derajat pelusutan air (cm/jam)	Total mikrobial tanah (cfu/g tanah)	Prediksi erosi (ton/ha/thn)	
			debu	klei	pasi	Tekstur								
1	104 N	5 N	37,65	16,64	45,71	Loam	1,18 N	5,35 N	444 N	37,23 N	0,17 N	12,23 R	6,5 x 10 <sup>5</sup> N	8,02 N
2	96 N	5 N	14,91	29,82	55,27	Loam	1,1 N	5,37 N	435 N	44,44 N	0,11 N	6,11 N	3,3 x 10 <sup>5</sup> N	17,92 R
3	103 N	5 N	40,42	18,05	41,53	Loam	1,19 N	5,7 N	406 N	44,39 N	0,15 N	17,73 R	3,1 x 10 <sup>5</sup> N	20,57 R
4	101 N	5 N	19,32	10,65	70,03	Sandy loam	1,02 N	5,45 N	405 N	54,46 N	0,19 N	79,47 R	3,8 x 10 <sup>6</sup> N	29,62 R
5	96 N	10 N	17,07	12,71	70,22	Sandy loam	0,85 N	5,98 N	397 N	44,81 N	0,16 N	53,55 R	5,6 x 10 <sup>6</sup> N	96,94 R
6	99 N	5 N	25,23	15,38	59,39	Sandy loam	1,31 N	5,62 N	483 N	42,04 N	0,08 N	73,36 R	5,6 x 10 <sup>5</sup> N	105,96 R
7	95 N	10 N	20,1	16,94	62,96	Sandy loam	1,12 N	6,09 N	381 N	49,78 N	0,20 N	60,52 R	3,4 x 10 <sup>6</sup> N	115,20 R
8	96 N	15 N	17,05	14,67	68,28	Sandy loam	1,23 N	5,01 N	381 N	46,05 N	0,30 N	8,56 R	4,3 x 10 <sup>6</sup> N	75,98 R
9	97 N	15 N	16,71	13,13	70,16	Sandy loam	1,02 N	5,83 N	349 N	48,74 N	0,13 N	7,34 N	3,5 x 10 <sup>6</sup> N	28,76 R
10	93 N	10 N	21,74	13,69	64,57	Sandy loam	0,92 N	5,4 N	416 N	58,56 N	0,15 N	9,17 R	3,3 x 10 <sup>6</sup> N	58,76 R
11	91 N	15 N	14,76	14,76	51,32	loam	1,06 N	5,47 N	398 N	50,93 N	0,18 N	25,67 R	3,2 x 10 <sup>6</sup> N	310,73 R

Sumber: Analisis laboratorium.

Keterangan: R: rusak ; N: tidak rusak.

Variabel kerusakan tanah yang digunakan dalam penelitian ini ialah variabel dari parameter kerusakan tanah untuk produksi biomassa berdasarkan PP No.150 (2000) yaitu antara lain ketebalan solum, persentase batuan permukaan, tekstur tanah, berat volume tanah, porositas, permeabilitas, pH, daya hantar listrik (DHL), redoks, jumlah mikrobial dan erosi tanah.

#### Matching Data dengan Kriteria Baku

Pembuatan peta status kerusakan tanah diawali dengan *matching* data yang ada dengan kriteria baku kerusakan tanah. Didapatkan bahwa untuk jenis tanah yang ada di kesebelas SPL ini antara lain Andisol, Kompleks Regosol dan Litosol serta Latosol. Sedangkan teksturnya termasuk loam dan sandy loam. Hampir seluruh SPL memiliki parameter yang tergolong rusak sama yaitu komposisi fraksi, permeabilitas dan erosi.

Ditinjau dari jenis tanah yang ada, menurut Brady (1984) tanah Regosol memiliki nilai permeabilitas dan infiltrasi yang cepat hingga sangat cepat serta daya

tahan terhadap airnya rendah. Hal ini dikarenakan kemantapan agregatnya pasir kurang stabil dan sering memiliki struktur yang lepas. Diantara pertikel yang ada terdapat daya ikat dan bahan organik yang rendah sehingga unsur haranya juga rendah. Soepardi dan Goeswono (1983) berpendapat bahwa tanah Regosol bertekstur kasar, berbahan organik dan N yang rendah hal ini disebabkan karena kadar air yang rendah.

Latosol merupakan tanah bersolum dalam yang mengalami pencucian dan pelapukan lanjut. Ciri morfologi umum tanah Latosol yaitu bertekstur lempung sampai geluh, strukturnya remah sampai gumpal lemah dan konsistensi gembur (Munir 1996). Menurut Abdullah (1996) dalam pemetaan tanah, diusahakan agar dalam satu satuan peta tanah hanya didapatkan satu jenis tanah, tetapi di beberapa tempat hal tersebut sering sulit diterapkan karena beragamnya sifat bahan induk, topografi atau faktor pembentuk tanah yang lain. Kompleks yang dimaksud ialah bahwa dalam satu peta tanah didalamnya ditemukan dua atau lebih jenis tanah utama, namun

masing-masing jenis tanah utama tersebut tidak dapat dipisahkan menjadi satuan peta tanah sendiri. Di SPL ini terdapat kompleks antara Regosol dan Litosol.

Tanah Andisol memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, bobot isi rendah, daya menahan air tinggi, total porositas tinggi. Tanah Andisol memiliki ciri yaitu berwarna gelap akibat dari tingginya kadar bahan organik, gembur, terasa berminyak, pH berkisar antara 5-6,5 (Tan 1991). Tanah ini termasuk tanah yang subur dan produktif. Tanah ini memiliki berat volume rendah, permeabilitas tinggi, terasa berminyak dengan kapasitas menyimpan air yang besar tetapi fiksasi fosfat tinggi.

Ditinjau dari kemiringan lereng dan panjang lereng, suatu tanah yang mempunyai kepekaan rendah mungkin akan mengalami erosi yang berat jika tanah tersebut terletak pada lereng yang curam dan panjang serta curah hujan dengan intensitas yang selalu tinggi. Sebaliknya juga jika tanah yang memiliki kepekaan erosi tinggi kemungkinan akan mengalami erosi yang ringan jika terdapat pada lereng yang landai dengan tanaman penutup tanah yang baik dan hujan yang tidak berintensitas tinggi.

Menurut Suripin (2001) bentuk struktur tanah yang membulat seperti granuler, remah, dan gumpal membulat akan menghasilkan tanah dengan porositas tinggi sehingga air mudah meresap ke dalam tanah dan aliran permukaan menjadi kecil. Untuk struktur tanah yang tidak mantap akan mudah hancur menjadi butiran halus jika terkena pukulan air hujan yang akhirnya menyumbat pori-pori tanah, akibatnya aliran permukaan meningkat dan erosi juga meningkat.

Dilihat dari tindakan konservasi yang ada, kerusakan dapat disebabkan karena kurangnya kerapatan jarak tanam serta adanya konservasi tanah yang kurang tepat. Seperti contoh pada SPL 11 dengan kemiringan lereng 41% hanya diberi konservasi tanah dengan teras tradisional seharusnya dibuat konservasi yang lebih sesuai agar tingkat kerusakan yang ada bisa dikurangi. Menurut Arsyad (2010) konservasi tanah ialah upaya menempatkan setiap bidang tanah pada cara penggunaan yang

sesuai dengan kemampuan tanah dan memperlakukan sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah serta dapat memiliki tingkat produktivitas yang baik.

### Skoring frekuensi relatif

Setelah dilakukan perbandingan data yang selanjutnya dilakukan tahap penskorangan frekuensi relative setiap parameter yang ada. Kemudian dilakukan penjumlahan skoring yang ada. Hasil penskorangan dari setiap parameter kerusakan tanah untuk biomassa didapatkan dari sebelas lokasi penelitian didapatkan total skor 7. Berdasarkan Pemerintah RI (2000) skor kerusakan tanah untuk lahan kering antara 1-14 tergolong ke dalam rusak ringan. Didapatkan bahwa terdapat 2 status kerusakan yaitu status tidak rusak dan status rusak ringan.

Dilihat dari parameter kerusakan yang ada (komposisi fraksi, derajat pelulusan air dan erosi) maka dapat disimpulkan untuk memperbaiki sifat tanah yang ada dapat diberikan bahan organik. Karena tanah yang sebagian besar persentase fraksinya pasir diperlukan adanya penambahan klei untuk mempermudah pengelolaannya. Selain sebagai unsur hara, bahan organik juga mampu memperbaiki struktur tanah sehingga tanah akan cukup kuat dalam menahan air. Sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah yang ada.

Seperti yang diungkapkan oleh Stevenson (1982) bahan organik berperan dalam pembentukan agregat tanah yaitu dapat merekatkan antar partikel sehingga penting dalam pembentukan partikel tanah. Pada tanah pasiran bahan organik dapat mengubah struktur dari berbutir agregat tunggal menjadi gumpal. Sehingga dapat merubah derajat struktur menjadi baik atau remah dan ukuran agregat lebih besar.

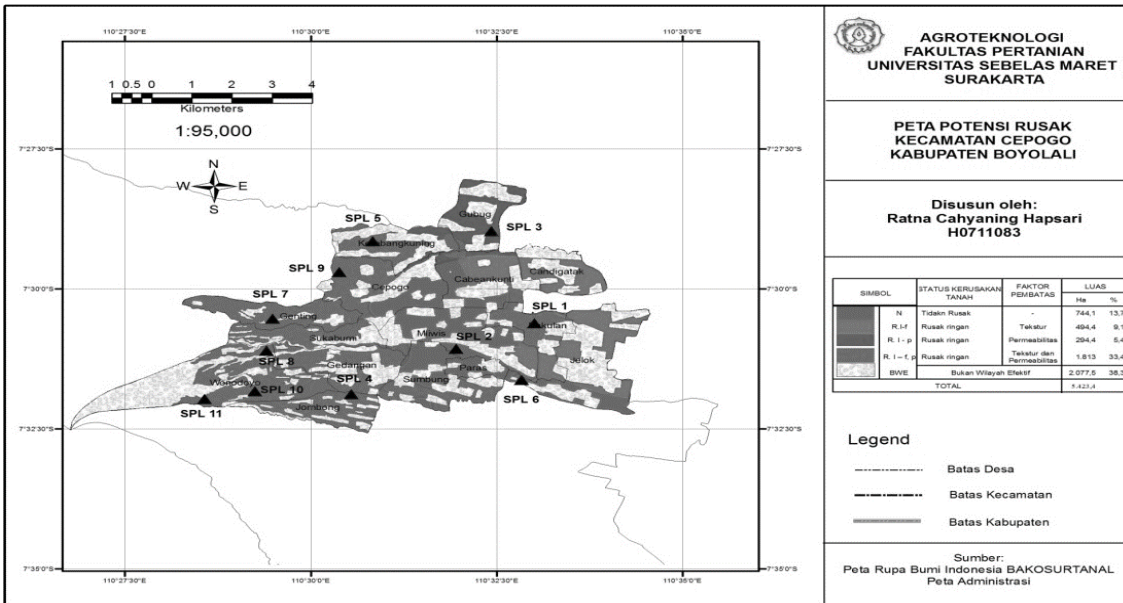
Selain itu bahan organik mampu mempengaruhi kapasitas pertukaran kation dan anion, pH tanah dan daya sangga tanah. Bahan organik akan meningkatkan muatan negatif sehingga mampu meningkatkan kapasitas pertukaran kation.

Tabel 3. Skor kerusakan tanah berdasarkan frekuensi relatif dari berbagai parameter kerusakan tanah

No Sampel	Parameter	Frekuensi relative tanah rusak (%)	Skor	Status kerusakan tanah
1	Ketebalan solum	0	0	Tidak rusak
2	Kebatuan permukaan	0	0	Tidak rusak
3	Komposisi fraksi kasar	72,72	3	Rusak berat
4	Berat volume	0	0	Tidak rusak
5	Porositas total	0	0	Tidak rusak
6	Derajat pelulusan air	81,81	4	Rusak sangat berat
7	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	0	0	Tidak rusak
8	DHL	0	0	Tidak rusak
9	Redoks	0	0	Tidak rusak
10	Jumlah mikrobia	0	0	Tidak rusak
	Jumlah skor		7*	

Sumber: Hasil laboratorium.

Keterangan: Jumlah skor 7 menandakan bahwa termasuk ke dalam status kerusakan tanah ringan.



Gambar 2. Peta Status Rusak Kecamatan Cepogo

Didapatkan 2 status kerusakan yaitu status tidak rusak dan status rusak ringan. Untuk status tidak rusak dengan luas 744,1 Ha atau sebesar 13,7%, sedang status rusak ringan terbagi menjadi 3 kelas rusak ringan yaitu status rusak ringan dengan faktor penghambat komposisi fraksi seluas 494,4 Ha atau sebesar 9,1%, status rusak ringan dengan faktor penghambat derajat pelulusan air dengan luas 294,4 Ha atau sebesar 5,4%, status rusak ringan dengan faktor penghambat komposisi fraksi dan derajat pelulusan air dengan luas 1.813 Ha atau sebesar 33,4%.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

- Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini ialah:
1. Hasil penelitian ini termasuk didapatkan bahwa Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali memiliki dua status yaitu yang tergolong tidak rusak dengan luas 744,1 Ha meliputi SPL dan tergolong rusak dengan luas total 2.601,8 Ha.
  2. Parameter yang menjadi pembatas dan penyumbang skor kerusakan tanah dari status rusak ringan yaitu komposisi fraksi (R.I-f) seluas 494,4 Ha (9,1%), derajat pelulusan air (R.I-p) seluas 294,4 Ha (5,4%) dan gabungan antara komposisi fraksi dan derajat pelulusan air (R.I-f,p) seluas 1.813 Ha (33,4%).

**Saran**

Saran yang bisa diberikan untuk penelitian ini yaitu perlunya analisis tentang jenis mikrobia yang dibiakkan agar dapat mengetahui mikroba apa yang ada didalam tanah tersebut guna mengetahui apakah termasuk mikroba menguntungkan atau merugikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdullah TS. 1996. Survey tanah dan evaluasi lahan. Jakarta (ID): Gramedia.  
 Arsyad S. 2010. Konservasi tanah dan air. Bogor (ID): IPB Press Edisi kedua cetakan kedua.

Badan Pusat Statistic Kecamatan Cepogo. 2012. Cepogo dalam angka. Cepogo Kabupaten Boyolali.  
 Brady B. 1982. Ilmu tanah. Soegirman (Translator). Jakarta (ID): Bhartara Karya Aksara. Translating From: Soil Scienc.  
 Munir M. 1996. Tanah-tanah utama Indonesia karakteristik, klasifikasi dan pemanfaatannya. Malang (ID): Pustaka Jaya.  
 Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No 7 Tahun. 2006. Tata Cara Pengukuran Kriteria Baku Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa.  
 Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No 150 Tahun. 2000. Pengendalian kerusakan tanah untuk produksi biomassa.  
 Supardi, Goeswono. 1983. Sifat dan ciri tanah. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.  
 Suripin 2001. Pelestarian sumberdaya tanah dan air. Yogyakarta (ID): Andi.  
 Stevenson FT. 1982. Humus chemistry. New York (NY): John Wiley and Sons.  
 Tan KH. 1991. Dasar-dasar kimia tanah. Gajahmada University Press.  
 Winarso S. 2005. Kesuburan tanah dasar kesehatan dan kualitas tanah. Yogyakarta (ID): Gava Media.