

Pemetaan Indeks Kualitas Tanah pada Lahan Tegalan di Kabupaten Jember

Mapping of Soil Quality Index for Upland in Jember Regency

Ach. Fauzan Mas'udi¹, Indarto Indarto^{1*}, Marga Mandala¹

¹Magister Pengelolaan Alam dan Lingkungan, Universitas Jember, Jawa Timur, 68121

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 2 Juni 2021
Disetujui: 3 September 2021
Dipublikasi online:
10 September 2021

Kata Kunci:

Pemetaan
Kualitas Tanah
Lahan Kering
Tegalan
Komponen Analisis Utama

Keywords:

Mapping
Soil Quality
Dry Land
Dry Marginal Land
Principal Component Analysis

Direview oleh:

Neneng Nurida,
Setiari Marwanto

Abstrak Lahan tegalan berpotensi sebagai salah satu alternatif dalam meningkatkan produksi tanaman. Fenomena yang terjadi saat ini adalah petani di lahan tegalan cenderung mengabaikan prinsip konservasi lingkungan. Indeks kualitas tanah (IKT) dapat digunakan untuk menilai dampak pengelolaan lahan. Penelitian ini dilakukan di lahan tegalan di Kabupaten Jember, Indonesia. Data yang digunakan meliputi jenis tanah, kelerengan, tata guna lahan, dan data analisis kualitas tanah. Analisis data menggunakan software SPSS 25.0, Excel 2016, dan Arc-MAP 10.4. Pemetaan kualitas tanah memiliki empat tahapan utama, (1) pembuatan peta satuan lahan, (2) analisis sifat tanah, (3) analisis komponen utama menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA), dan (4) penilaian indeks kualitas tanah (IKT). Berdasarkan hasil analisis PCA, terdapat tiga komponen utama yang merepresentasikan kualitas tanah lahan tegalan di Jember yaitu karbon organik, liat, dan pH. Lahan tegalan di daerah Jember terbagi menjadi tiga kelas kualitas tanah, yaitu rendah (1,3% dari total luas lahan yang disurvei), sedang (63,9%), dan baik (34,7%). Permasalahan utama yang terdapat pada tanah kualitas rendah adalah kandungan bahan organik yang rendah dan tekstur tanah yang umumnya berupa pasir. Pada lahan tegal dengan kualitas tanah sedang memiliki kandungan bahan organik berkisar rendah sampai sedang. Rekomendasi pengelolaan lahan tegal dengan kualitas tanah rendah dan sedang adalah penambahan bahan organik untuk meningkatkan efisiensi pemupukan.

Abstract Upland has the potential as an alternative land for increasing crop production. The current phenomenon is that upland farmers tend to ignore environmental conservation principles. Soil quality index (SQI) can be used to assess the impact of land management. This research was conducted in the upland of Jember Regency, Indonesia. The data utilized included soil types, slope, land use, and soil quality. Data analysis was using softwares of SPSS 25.0, Excel 2016, and Arc-MAP 10.4. Soil quality mapping had four main stages, (1) making land map units, (2) soil properties analysis, (3) main component analysis using the *Principal Component Analysis* (PCA), and (4) soil quality index (SQI) assessment. Based on the analysis results, there were 3 main components in the assessment of the Tegalan soil quality index, namely organic carbon, clay content, and pH. There were 3 quality categories for the Upland site, namely low (1.3% of the regent area), medium (63.9%), and good (34.7%). In general, upland soil quality in Jember Regency is in the medium category. The main problems found in low quality soil were low organic matter content and sandy soil texture. On dry upland with moderate soil quality, organic matter content ranged from low to moderate. The recommendation for the management of upland with low and medium soil quality is the addition of organic matter to increase the efficiency of fertilization in crop cultivation.

Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk akan meningkatkan kebutuhan pangan, oleh karena itu, produktivitas pertanian harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan pangan. Perluasan lahan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pangan. Lahan kering memainkan peran penting dalam berfungsinya ekosistem global. Lahan kering menutupi 41% permukaan bumi (Hoover *et al.* 2020). Lahan kering berpeluang dikembangkan untuk meningkatkan produksi tanaman.

Tegalan merupakan salah satu bentuk lahan kering

yang dapat dimanfaatkan untuk lahan pertanian. Lahan tegal menurut KBBI (2021) adalah tanah yang ditanami palawija dimana pengairannya mengandalkan air hujan dan tidak dapat diubah menjadi sawah. Tegalan dicirikan oleh lahan yang memiliki kesuburan tanah rendah, kekurangan air, dan sensitif terhadap degradasi lahan (Elbersen *et al.* 2020). Tegalan berpotensi sebagai alternatif dalam meningkatkan produksi tanaman. Tegalan membutuhkan pengelolaan yang tepat dan benar untuk dapat menghasilkan produksi yang optimal (Indarto *et al.* 2020).

Pemanfaatan tegalan di Indonesia masih jauh dari optimal. Fenomena saat ini yang terjadi pada petani

* Corresponding author: Indarto.ftp@unej.ac.id

Tegalan cenderung mengabaikan prinsip pelestarian lingkungan. Menurut Stylianou *et al.* (2020), pertanian lahan kering masih didominasi oleh sistem pertanian intensif. Penggunaan pupuk dan pestisida anorganik secara berlebihan serta penggunaan lahan yang tidak sesuai peruntukannya (Ramzan *et al.* 2019). Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan menghasilkan residu dan terakumulasi selama beberapa dekade dan menyebabkan keasaman tanah yang menurunkan produksi tanaman (Asvini dan Jithesh 2018; Chandini *et al.* 2019). Pengelolaan yang tidak sesuai akan menyebabkan degradasi lahan.

Penilaian kualitas tanah penting untuk pembangunan pertanian. Indeks kualitas tanah (SQI) adalah alat yang dapat digunakan untuk menilai dampak pengelolaan lahan (Muñoz-Rojas 2018). Informasi yang berkaitan dengan kualitas tanah dapat membantu pengelola dalam mengevaluasi dampak positif atau negatif dari pengelolaan tanaman. Informasi kualitas tanah juga dapat digunakan untuk mengintegrasikan informasi dari masing-masing indikator dalam pengelolaan lahan (Nusantara *et al.* 2018). Akinyemi *et al.* (2019) menyebutkan pengelolaan lahan mempengaruhi kualitas tanah. Status pertanian lahan kering di Kota Palapye Afrika Selatan terdiri dari 24% sangat terdegradasi, 3% sangat rendah, 35% terdegradasi rendah, 21% terdegradasi sedang, 13% sangat terdegradasi, dan 4% sangat sangat terdegradasi.

Pengembangan lahan tegalan tidak mudah dilakukan mengingat banyaknya faktor pembatas dan terjadinya degradasi lahan akibat pengelolaan yang buruk (Dharmawan *et al.* 2020). Berdasarkan data BPS (2019), Kabupaten Jember memiliki luas lahan tegalan seluas 32.301 hektar. Untuk mengoptimalkan lahan tegalan perlu dilakukan upaya pembuatan peta indeks kualitas tanah. Bhaduri *et al.* (2014) menyebutkan penilaian kualitas tanah dapat membantu pengelolaan jangka panjang budidaya padi dan gandum di India. Tujuan dari penelitian ini adalah agar budidaya lahan pertanian tegalan dapat dilakukan secara optimal dengan tingkat kualitas tanah yang ada.

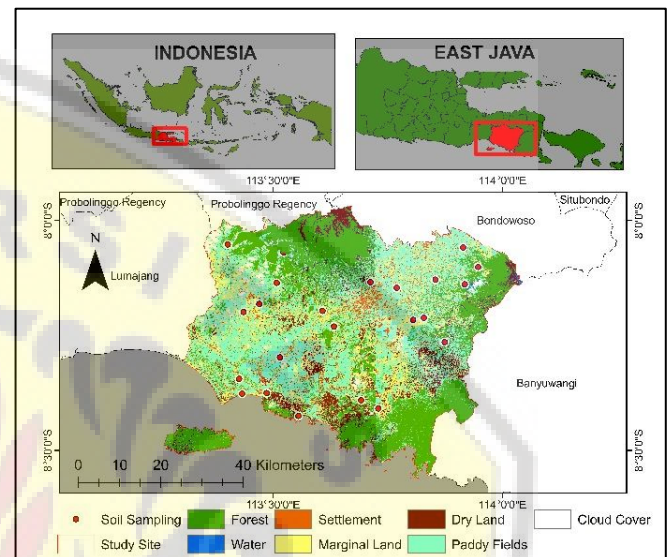
Bahan dan Metode

Deskripsi Lokasi

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2020 hingga bulan Maret 2021. Penelitian dilaksanakan lahan tegalan di Kabupaten Jember. Kabupaten Jember memiliki luas daratan 3.293,34 km² dengan ketinggian antara 0 - 3.330 mdpl (BPS, 2019). Kabupaten Jember terletak pada 113°015'47" "114°02" 35 "Bujur Timur dan 7°058" 6 "

8°033" 44 "Lintang Selatan (S). Peta penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Lahan tegalan dalam penelitian ini bercirikan (1) lahan dengan kesuburan rendah, (2) hanya mengandalkan air hujan untuk irigasi, (3) lahan tidak pernah ditanami padi dalam satu tahun, (4) tidak pekarangan atau lahan terlantar. Contoh tegalan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta areal penelitian

Figure 1. Research area map



Gambar 2. Contoh lahan tegalan (foto : Mas'udi, A.F)

Figure 2. Examples of Upland (photo: Mas'udi, A.F)

Alat yang dibutuhkan antara lain alat pengambilan sampel, alat analisis, dan alat pengolahan data. Peralatan pengambilan sampel meliputi cangkul, bor tanah, meteran, ring sampel, GPS, dan klip plastik. Peralatan analisis meliputi pengukur pH, spektrofotometer, spektrofotometer serapan atom (SSA), timbangan analitik 0,01, timbangan analitik 0,0001, dan suhu oven 105° C. Alat pengolahan data

adalah software SPSS 25.0, Excel 2016, dan Arc-MAP 10.4. Bahan dan sumber bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan data penelitian

Table 1. Research materials

No	Data	Sumber data
1	Tataguna Lahan	Pengolahan citra satelit Sentinel-2A satellite (data November 2019)
2	Jenis Tanah	BBSDLP dengan skala 1:50.000 (tahun 2017)
3	Peta Kelerengan	DEM (digital elevation model) data processing

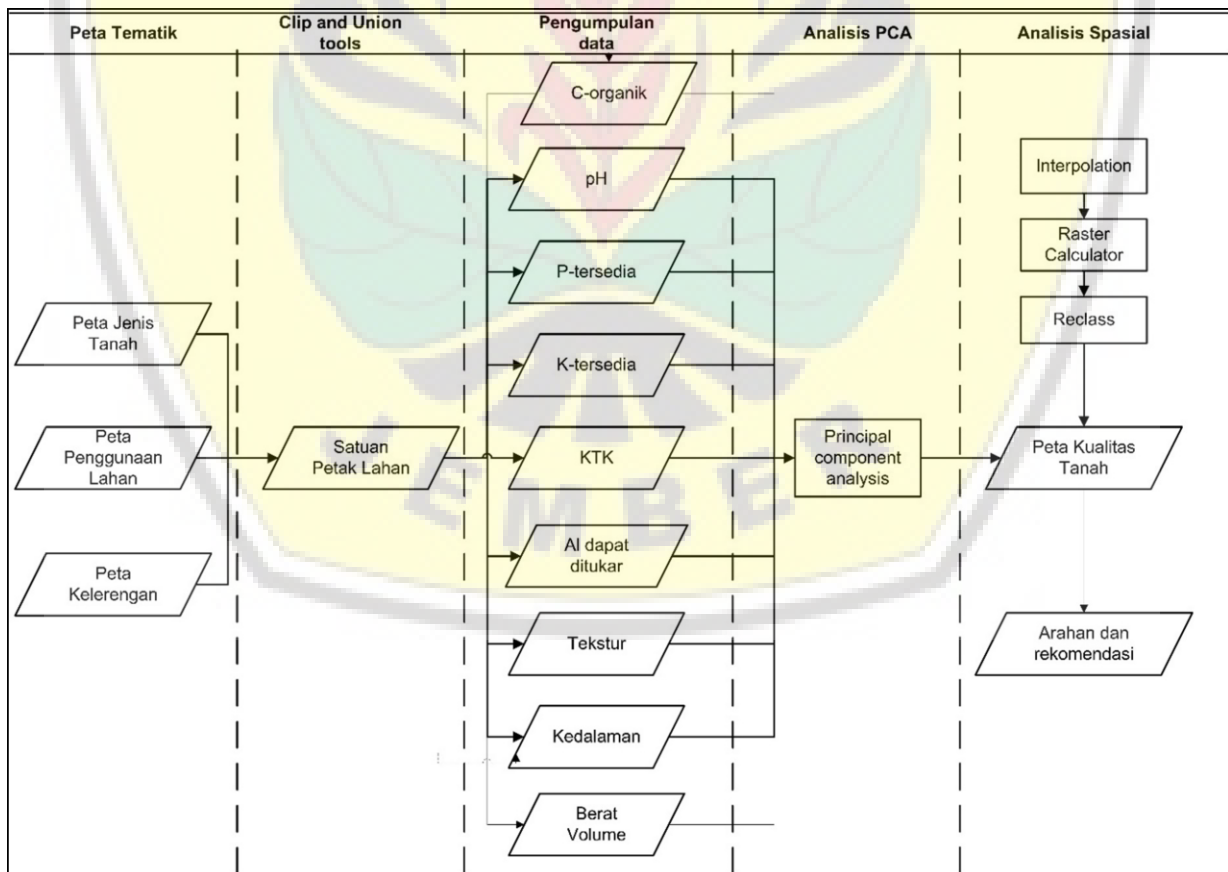
Prosedur Penelitian

Pemetaan indeks kualitas tanah memiliki empat tahapan utama (Gambar 3), yaitu (1) pembuatan satuan peta lahan, (2) analisis parameter tanah, (3) analisis komponen utama dengan metode PCA, dan (4) penilaian indeks kualitas tanah (IKT). Input yang dipetakan berupa peta jenis tanah, peta tutupan lahan, dan peta kemiringan. Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Penelitian ini dimulai dengan pemetaan lahan kering menggunakan citra satelit Sentinel 2A. Pemetaan lahan kering ini menggunakan data November tahun 2019 dengan kriteria data citra adalah data dengan tutupan awan kurang dari 2%. Proses analisis citra dilakukan menggunakan software Arc-GIS 10.4 dan software multispek. Pemetaan dimulai dengan survei dan membuat titik kontrol sampling (*ground control point*) sebanyak 500 titik pada berbagai jenis penggunaan lahan di Kabupaten Jember. Kemudian hasil survei dianalisis menggunakan multispek dan dilakukan klasifikasi dan uji akurasi terbimbing (*supervised*). Berdasarkan analisis pendahuluan diperoleh tataguna lahan di Kabupaten Jember terdiri dari 7 kelas pemanfaatan, yaitu hutan, badan air, pemukiman, tegalan, lahan kosong, sawah dan tutupan awan.

Pembuatan Satuan Peta Lahan (SPL)

Satuan peta lahan merupakan ekspresi ekologi lanskap. SPL adalah sebidang tanah yang secara ekologis homogen pada skala yang bersangkutan. SPL memberikan dasar untuk mempelajari distribusi, keterkaitan, dan deskripsi lanskap. Pembuatan peta satuan lahan bertujuan untuk memetakan lahan berdasarkan karakteristik yang sama.

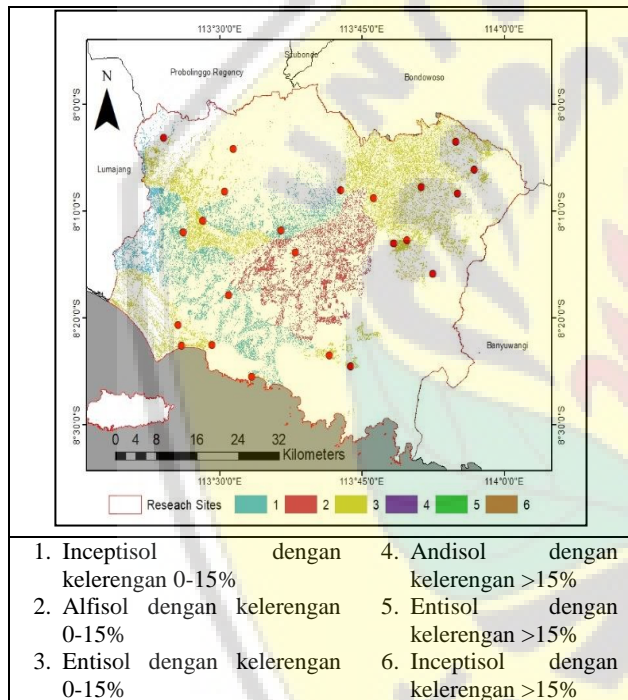


Gambar 3. Prosedur penelitian

Figure 3. Research procedure

Dalam studi ini digunakan 3 atribut lahan yang digunakan sebagai dasar, yaitu penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng.

Tahapan pembuatan satuan peta lahan adalah: (1) Pengelompokan peta penggunaan lahan menjadi 2 kelas (tegalan dan non-tegalan), (2) mengkonversi lahan tegalan dari data raster ke poligon menggunakan menu *conversion tools*, (3) Clip Peta batas tegalan dengan peta jenis tanah menggunakan menu *geoprocessing*, (4) Clip peta batas tegalan dengan peta kemiringan lereng, (5) Hasil langkah 3 dan 4 digabungkan menggunakan *union tool*. Hasil penggabungan berupa satuan peta satuan lahan yang kemudian dilakukan pengambilan sampel pada masing-masing satuan peta lahan yang terbentuk. Terdapat 6 unit satuan peta lahan yang merepresentasikan karakteristik lahan tegalan di Kabupaten Jember (Gambar 4).



Gambar 4. Satuan Peta Lahan

Figure 4. Land Map Unit

Terdapat 6 SPL di lahan tegalan di Kabupaten Jember. Jumlah titik sampel yang dapat mewakili keadaan lapangan (*representatif elementary volume*) di hitung berdasarkan UU no 3 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengelolaan Data Geospasial. Terdapat 23 titik sampel yang dapat mewakili masing-masing SPL, dimana pada setiap titik diambil 3 sampel tanah. Ketiga sampel tanah tersebut kemudian dikomposisikan. Teknik komposit tanah adalah menyatukan ketiga sampel tanah dari masing-masing titik sampel dengan cara mengaduk sampai merata sebelum dianalisis (Suganda *et al.* 2006).

Informasi lokasi masing-masing titik sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Lokasi titik sampel

Tabel 2. Soil sampling location

No	Lokasi	Jenis Tanah USDA	Kelerengn
1	8° 7'43.83"S dan 113°51'14.25"T	Entisols	>15%
2	8°24'32.55"S dan 113°33'20.12"T	Entisols	>15%
3	8°25'30.71"S dan 113°33'20.12"T	Entisols	>15%
4	8°12'43.31"S dan 113°49'43.55"T	Entisols	>15%
5	8° 8'8.83"S dan 113°30'29.79"T	Inceptisols	>15%
6	8° 4'10.41"S dan 113°31'23.92"T	Danisols	>15%
7	8° 6'4.20"S dan 113°56'49.37"T	Entisols	>15%
8	8° 3'8.30"S dan 113°24'6.12"T	Inceptisols	>15%
9	8°22'31.78"S dan 113°29'10.79"T	Entisols	>15%
10	8° 3'31.01"S dan 113°54'51.94"T	Entisols	0-15%
11	8° 8'46.62"S dan 113°46'11.35"T	Entisols	0-15%
12	8°20'39.93"S dan 113°25'35.13"T	Entisols	0-15%
13	8°20'40.51"S dan 113°47'1.83"T	Alfisols	0-15%
14	8°23'29.02"S dan 113°41'32.60"T	Entisols	0-15%
15	8°22'36.94"S dan 113°25'57.92"T	Entisols	0-15%
16	8°12'59.15"S dan 113°48'19.72"T	Entisols	0-15%
17	8° 8'3.49"S dan 113°42'45.73"T	Inceptisols	0-15%
18	8°13'50.54"S dan 113°37'58.67"T	Alfisols	0-15%
19	8°10'53.60"S dan 113°28'12.76"T	Entisols	0-15%
20	8°17'52.43"S dan 113°30'55.23"T	Entisols	0-15%
21	8°11'57.58"S dan 113°26'9.07"T	Entisols	0-15%
22	8° 8'19.28"S dan 113°55'4.28"T	Entisols	0-15%
23	8°11'48.14"S dan 113°36'28.78"T	Inceptisols	0-15%

Sumber: (Subardja *et al.* 2014)

Analisis Sifat Tanah

Contoh tanah yang telah diambil, dikeringkan, dan diayak. Analisis sifat fisika tanah menggunakan tanah yang telah diayak menggunakan ayakan 2mm. Sedangkan analisis kimianya menggunakan ayakan 0,5 mm. Tabel 3 merupakan parameter kualitas tanah dan metode analisisnya.

Tabel 3. Pengukuran sifat tanah

Table 3. Measurement of Soil Properties

Parameter	Contoh Tanah	Metode Analisis
Sifat Kimia		
pH	Tanah terusik	The soil-water suspension (1:5)
P- tersedia	Tanah terusik	Olsen
K- tersedia	Tanah terusik	NH ₄ OAc extract
KTK	Tanah terusik	NH ₄ OAc extract
Al dapat ditukarkan	Tanah terusik	Acetic acid percolation
C-Organik	Tanah terusik	Walkley and Black
Sifat Fisika		
Tekstur	Tanah terusik	Pippet
Kedalaman Tanah	Tanah terusik	Measurement
erat Volume	Tanah utuh	Gravimetry

Sumber : (Eviati dan Sulaeman, 2009)

Analisis Komponen Utama

Hasil analisis sifat fisika dan kimia tanah kemudian dilakukan uji korelasi dan analisis komponen utama (PCA) menggunakan software SPSS. PCA adalah metode untuk mengidentifikasi set data minimum (MDS) yang dapat secara akurat mencerminkan informasi kualitas tanah (HuiFang *et al.* 2018). Tahapan analisis PCA menurut Hermiyanto *et al.* (2016) adalah (1) melakukan prosedur PCA; (2) menentukan indikator (sifat tanah) yang merepresentasikan fungsi tanah, khususnya kesuburan dan kualitas tanah sebagai MDS. (3) penilaian dan pembobotan sifat tanah yang termasuk dalam MDS.

Penilaian Indeks Kualitas Tanah (IKT)

Perhitungan IKT dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GIS. Ada 4 tahapan dalam proses penilaian kualitas tanah.

- (1) Nilai dan bobot sifat tanah hasil MDS ditambahkan ke SHP titik lokasi pengambilan sampel.
- (2) Selanjutnya interpolasi dilakukan dengan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) pada setiap indikator MDS. Teknik ini menentukan nilai sel di lokasi yang tidak

diambil sampelnya menggunakan kombinasi berbobot linier dari sekumpulan titik sampel (Kalambukattu *et al.* 2018).

(3) Hasil interpolasi kemudian dihitung menggunakan kalkulator raster dengan menjumlahkan skor masing-masing indikator yang telah dikalikan bobotnya (Supriyadi *et al.*, 2018). Rumus untuk menentukan indeks kualitas tanah adalah sebagai berikut: $SQI = \sum_{i=1}^n Wi \times Si$

Wi = faktor pembobot;
Si = skor indikator untuk variabel i

(4) Hasil perhitungan kalkulator raster kemudian diklasifikasikan menggunakan alat reklasifikasi di Arc-GIS. Kelas kualitas tanah berdasarkan Nusantara *et al.* (2018): seperti tertera pada Tabel 4:

Tabel 4. Kelas kualitas tanah

Table 4. Soil quality classes

No	Skor	Kelas Kualitas Tanah
1	0,80 – 1,00	Sangat Baik
2	0,60 – 0,79	Baik
3	0,40 – 0,59	Sedang
4	0,20 – 0,39	Buruk
5	0,00 – 0,19	Sangat Buruk

Hasil dan Pembahasan

Kabupaten Jember merupakan daerah dengan relief berbukit dan dikelilingi gunung. Berdasarkan analisis citra satelit Sentinel-2A, penggunaan lahan di Kabupaten Jember diklasifikasikan menjadi enam jenis penggunaan lahan yaitu hutan, badan air, pemukiman, tegalan, lahan kosong, dan sawah. Hasil intepretasi citra menunjukkan bahwa luas lahan tegalan di Kabupaten Jember sebesar 30.469,02 hektar. Penggunaan citra Sentinel-2A merupakan hal yang tepat untuk menganalisis daerah dengan morfologi dan struktur geologi di kawasan perbukitan atau pegunungan (Putri 2018). Penggunaan citra sentinel untuk pengindraan jauh dapat dijadikan acuan dalam penentuan penggunaan lahan disuatu daerah. Berdasarkan hasil penelitian Susanti *et al.* (2020) penggunaan citra sentinel-2A memiliki keakuratan 92%.

Luas jenis tanah berdasarkan sistem klasifikasi USDA di Kabupaten jember terdiri dari tanah dengan ordo entisol (55,76%), inceptisol (37,80%), alfisol (6,26%) dan andisol (0,17%). Tanah entisol merupakan tanah dengan ciri solum tanah tipis, kandungan bahan organik rendah, kapasitas tukar kation rendah sehingga kurang mendukung pertumbuhan tanaman (Berek *et al.*, 2017). Tanah inceptisol berkembang dari bahan induk batuan beku, metamorf dan sedimen, serta memiliki tekstur halus-kasar, kesuburan rendah dan kedalaman solum rendah-tebal

(Arviandi *et al.* 2015).

Tanah merupakan komponen utama suatu lahan. Kualitas tanah adalah kemampuan suatu tanah untuk mendukung produktivitas tanaman dan mempertahankan kualitas lingkungan serta meningkatkan kesehatan makhluk hidup (Arifin *et al.* 2017). Kualitas tanah dapat diukur dari parameter fisika, biologi dan kimia tanah. Kualitas tanah yang semakin baik akan mendukung kerja fungsi tanah (Jannah *et al.* 2021).

Hasil Analisis Komponen Utama (PCA)

Tahapan analisis PCA menurut (Hermiyanto *et al.*, 2016) adalah) adalah (1) melakukan prosedur PCA; (2) menentukan indikator (sifat tanah) yang merepresentasikan fungsi tanah, khususnya kesuburan dan kualitas tanah sebagai MDS. (3) penilaian dan pembobotan sifat tanah yang termasuk dalam MDS. Penentuan indikator (sifat tanah) yang mewakili fungsi tanah menggunakan analisis PCA. Hasil analisis PCA dapat dilihat pada Tabel 7.

Table 5. Hasil Analisis Komponen Utama(PCA)

Table 5. Principal component analysis (PCA) results

Compo nent	Total Variance Explained					
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Tot al	% of Varia nce	Cumul ative %	Tot al	% of Varia nce	Cumul ative %
1	6,4	58,46	58,465	6,4	58,46	58,465
2	1,8	16,93	75,400	1,8	16,93	75,400
3	1,2	11,66	87,060	1,2	11,66	87,060
4	0,4	4,491	91,551			
5	0,3	3,393	94,944			
6	0,3	2,777	97,720			
7	0,1	1,378	99,098			
8	0,0	0,782	99,880			
9	0,0	0,099	99,979			
10	0,0	0,017	99,996			
11	0,0	0,004	100,00 0			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Analisis PCA digunakan untuk mereduksi parameter lahan agar terdapat komponen utama yang dapat merepresentasikan kualitas lahan sebelum dilakukan analisis spasial (HuiFang *et al.* 2018). Penilaian komponen utama dinilai berdasarkan *Eigenvalues* yang mencerminkan kemampuan setiap parameter dalam merepresentasikan variabel yang dianalisis (kualitas tanah). Nilai eigen value selalu diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil, dengan kriteria bahwa *eigen value* dibawah 1 tidak digunakan dalam menghitung jumlah faktor yang terbentuk (Halida *et al.* 2020).

Tabel 5. merupakan output hasil analisis PCA. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat tiga parameter tanah yang dapat mencerminkan informasi kualitas tanah yaitu C-organik, liat dan pH. Masing-masing parameter utama memiliki bobot tersendiri yaitu dengan membagi nilai varians dengan nilai cumulative. Bobot untuk masing-masing parameter secara berturut-turut adalah 0,67, 0,19 dan 0,13. Berdasarkan hasil tersebut maka persamaan PCA yang didapat adalah sebagai berikut:

$$z = 0,67x_1 + 0,19x_2 + 0,13x_3 \dots (1)$$

Dimana:

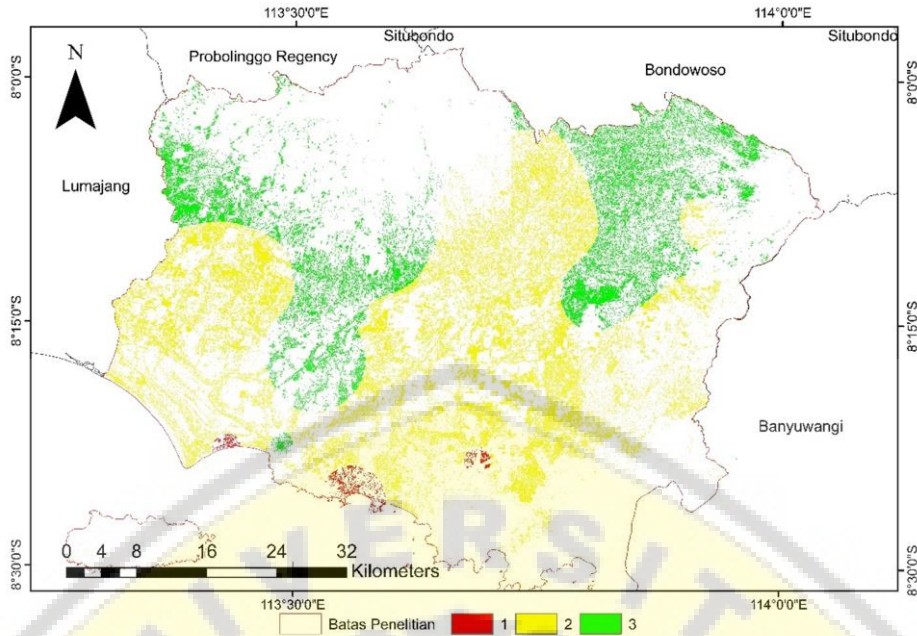
- z = Kualitas tanah
- x1 = Nilai C-organik
- x2 = Nilai liat
- x3 = Nilai pH

Berdasarkan persamaan 3 diketahui bahwa nilai kualitas lahan dapat diperoleh dari (0,67*nilai C-organik) + (0,19*nilai liat) + (0,13*nilai pH).

Penilaian Indeks Kualitas Tanah

Berdasarkan hasil analisis spasial (Gambar 5.) diketahui bahwa Tegalan di Jember terbagi menjadi tiga kelas. Luas areal Tegalan dengan kategori rendah 1,34%, kategori sedang 63,92% dan kategori baik 34,74%. Sebagian besar Tegalan di Kabupaten Jember berada pada kategori sedang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Romadhona dan Arifandi (2020) yang menyatakan kualitas tanah di Sub DAS Dinoyo Jember, berkisar antara agak buruk-sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan di Tegalan telah dilakukan dengan baik namun perlu ditingkatkan lagi agar mendapatkan hasil yang optimal.

Mukherjee dan Lal (2014), menyatakan bahwa kualitas tanah dipengaruhi oleh jenis tanah dan pengelolaannya. Pengelolaan yang tidak benar akan menyebabkan kerusakan tanah dan menyebabkan tanah



Gambar 5. Hasil analisis indeks kualitas tanah

Figure 5. Results of soil quality index analysis

Table 6. Sebaran dan statistik parameter kualitas tanah

Table 6. Distribution and statistics of soil quality parameters

	Kelas kualitas tanah		
	Rendah	Sedang	Baik
Wilayah	Desa Curah Takir, Desa Andongrejo, Desa Sanenrejo, Desa Lojejer, Desa Sumberejo, Desa Sidodadi,	Kecamatan Bangsal, Patrang, Arjasa, Sumberbaru, Mayang, Silo, Sumpersari, Mumbulsari, Ajung, Jenggawah, Rambipuji, Balung, Puger, Gumukmas, Umbulsari, Jombang, Kencong	Kecamatan Sumberjambe, Ledokombo, Sukowono, Kalisat, Pakusari, Tanggul, Semboro,
Parameter Tanah			
Berat Volume (g/cm ³)	1,24±0,03	1,18±0,06	1,16±0,08
Kedalaman tanah (cm)	75±17,3	75±15,11	70±15,67
Drainase	Buruk-sedang	Buruk-baik	Sedang-baik
Pasir (%)	55±17,19	35±2-,40	25±16,46
Lempung (%)	25±16,69	28±22,12	30±16,67
Liat (%)	20±6,38	30±7,98	30±6,69
C-Organik (%)	1,98±0,30	2,16±0,33	2,60±0,28
pH	7,21±0,75	7,08±0,57	7,02±0,52
P- tersedia (ppm)	16,46±2,2	16,69±3,49	22,12±4,2
K- tersedia (me/100g)	1,46±0,44	1,89±0,66	2,32±0,65
Al- dapat ditukar (%)	0	0	0
KTK (me/100g)	16,67±4,7	17,79±3,98	20,40±2,41

tidak mampu mendukung produksi tanaman. Proses pengolahan tanah tegal yang intensif akan menyebabkan berkurangnya kandungan liat, c-organik menyebabkan tanah menjadi masam (Dewi *et al.* 2020; Putra *et al.* (2020); Neina (2019).

Tabel 6 merupakan sebaran kualitas tanah lahan tegalan di Kabupaten Jember. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa lahan tegalan dengan kualitas rendah memiliki BV tertinggi dengan nilai 1,24±0,03. BV berkaitan dengan kemudahan penetrasi akar di dalam

tanah, drainase dan aerasi tanah, serta sifat fisik tanah lainnya (Sollins dan Gregg 2017). Berdasarkan simulasi de Lima *et al.* (2018), peningkatan BV akan meningkatkan kerentanan terhadap pemadatan tanah.

Kedalaman efektif pada wilayah penelitian berkisar antara 30-90cm. Kedalaman efektif tanah adalah kedalaman dimana akar tanaman masih dapat masuk ke dalam tanah (Alfiah *et al.* 2020). Han *et al.* (2021) menyatakan bahwa semakin dalam kedalaman efektif tanah, maka semakin luas akar dan serapan akar tanaman. Tanaman palawija sendiri akan tumbuh baik apabila kedalaman tanah efektif lebih dari 50 cm (Djaenudin *et al.* 2011). Kedalaman efektif pada seluruh wilayah tidak menjadi masalah dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Drainase tanah menunjukkan kecepatan penyerapan air dari tanah atau kondisi yang menunjukkan durasi dan frekuensi kejenuhan air. Drainase pada lahan tegalan dengan kelas rendah berkisar antara buruk hingga sedang. Drainase buruk dicirikan dengan sifat tanah yang lambat dalam menyerap air, sehingga terjadi genangan dan berlangsung selama beberapa waktu selama beberapa waktu sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Hermiyanty *et al.* 2004).

Tekstur merupakan perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu, dan liat. Tanah yang didominasi oleh fraksi pasir memiliki sirkulasi udara dan air yang baik namun ketersediaan hara rendah. Jumlah fraksi pasir yang tinggi menyebabkan luas permukaan jenis kecil sehingga kemampuan mengikat dan menyediakan air dan hara rendah (Rajamuddin dan Sanusi 2014). Tanah yang didominasi oleh liat memiliki sirkulasi udara dan air buruk, penetrasi akar sulit namun ketersediaan hara tinggi dan kemampuan menahan air tinggi (Hanafiah 2016). Hal ini karena fraksi liat yang mendominasi merupakan koloid yang bermuatan dan mampu menjerap kation-kation hara yang bermuatan positif (Suryani 2014). Semakin tinggi jumlah kation yang terjerap ke fraksi liat maka semakin banyak unsur hara tersedia bagi tanaman. Pada lahan tegalan dengan kualitas rendah didominasi oleh pasir. Hal ini menyebabkan tanah pada wilayah ini kurang mampu untuk mendukung pertumbuhan tanaman jika tidak dilakukan pengelolaan yang benar.

Keberadaan karbon organik di dalam tanah berdampak besar pada perbaikan fisik, kimia, dan biologi tanah. Nilai karbon organik tanah untuk tegalan pada tanah dengan kategori rendah berkisar antara $1,98 \pm 0,30$ yang termasuk kedalam kategori rendah-sedang (Eviati dan Sulaeman 2009). Sedangkan pada kualitas tanah dengan kategori sedang dan baik memiliki kandungan karbon organik yang

termasuk ke dalam kategori sedang. Adhikari *et al.* (2019), menyatakan bahwa karbon yang tersimpan dalam tanah berkontribusi pada berbagai fungsi tanah, termasuk produksi biomassa, penyimpanan dan penyaringan air, pemeliharaan keanekaragaman hayati, dan banyak jasa ekosistem lainnya. Perlu upaya peningkatan bahan organik pada lahan dengan kualitas rendah, yaitu dengan penambahan pupuk organik.

pH tanah pada lahan tegalan dengan kualitas rendah berkisar antara $7,21 \pm 0,75$. Hal ini termasuk kedalam kategori agak masam – agak basa. Sementara pH pada kualitas sedang dan baik termasuk kedalam kategori netral. pH tanah adalah ukuran jumlah ion hidrogen dalam suatu larutan di dalam tanah. pH tanah sangat mempengaruhi kesuburan tanah untuk kelangsungan hidup tanaman. pH akan mempengaruhi translokasi, mobilitas trace element, mobilitas bahan organik, dan proses biologi tanah (Neina 2019). Unsur hara pada umumnya dapat diserap dengan baik oleh tanaman pada pH netral. Pada pH tersebut semua unsur hara makro tersedia secara maksimum, sedangkan unsur hara mikro tidak maksimum kecuali molibdenum (Mo), sehingga perlu penambahan unsur hara mikro (Hanafiah 2016).

P-tersedia merupakan unsur hara fosfor yang siap dimanfaatkan oleh tanaman. Unsur P diserap tanaman dalam bentuk ion oerhophospat primer dan sekunder ($H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}) (Hanafiah 2016). Kandungan P tersedia pada kualitas tanah buruk dan sedang termasuk kedalam kategori tinggi hingga tinggi, sedangkan pada tanah dengan kualitas baik P tersedia termasuk ke dalam kategori sangat tinggi (Eviati dan Sulaeman 2009). Tingginya P tersedia dipengaruhi oleh input P secara terus menerus dan berlebihan sehingga masih banyak P yang tertinggal dilahan (Palembang *et al.* 2013). Berdasarkan hasil wawancara petani menggunakan pupuk P secara berlebih berkisar 200-250kg/ha. Input pupuk P yang terlalu tinggi tidak efisien dikarenakan tanah telah mampu menyediakan unsur P bagi tanaman. Perlu upaya konservasi agar dapat mengefisienkan pemupukan P. Nagumo *et al.* (2013) menyatakan bahwa pada lahan sawah di jepang terjadi akumulasi P tersedia selama 2 dekade yang dapat merusak lingkungan. Kandungan P yang terakumulasi termasuk kedalam kategori tinggi. Hasil analisis keseimbangan hara, menunjukkan bahwa petani jepang hanya perlu menambahkan fosfor sebesar 20 kg/ha/tahun.

K diserap tanaman dalam bentuk ion K^+ (Nursyamsi *et al.* 2007). Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa K pada tanah dengan kualitas rendah, sedang dan baik termasuk ke dalam kategori sangat rendah. Hal ini dapat

terjadi karena unsur K memiliki valensi satu maka unsur K mudah mengalami pencucian hara (*leaching*). Hal ini menyebabkan ketersediaan hara K pada tanah umumnya menjadi rendah (Hanafiah 2016). Selain itu jenis pupuk yang digunakan juga mempengaruhi pencucian K. Rahutomo dan Ginting (2018), menyatakan bahwa penggunaan pupuk tunggal menghasilkan jumlah unsur hara terlindi lebih banyak dibandingkan menggunakan pupuk majemuk. Upaya yang dapat dilakukan untuk efisiensi pemupukan K adalah dengan penambahan bahan organik (Manurung *et al.* 2018). Putra *et al.* (2020) menyatakan pemberian bahan organik meningkatkan ketersediaan K dan menurunkan jumlah pelindian K.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) adalah parameter yang menunjukkan luas permukaan tanah yang berpotensi menahan kation. Tanah dengan kualitas rendah memiliki KTK berkisar rendah-sedang, sementara tanah dengan kualitas sedang dan baik memiliki KTK sedang. Semakin tinggi nilai KTK menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyediakan unsur hara kationik seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , MO^{2+} , Cu^{2+} , dan Zn^{2+} bagi tanaman (Hermiyanto *et al.*, 2016). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa nilai KTK tanah rata-rata di lahan tegalan adalah 17,96. Nilai KTK dipengaruhi oleh banyak faktor seperti pH tanah, tekstur, dan kandungan bahan organik (Zgorelec *et al.* 2019).

Salah satu upaya yang dapat digunakan dalam pengelolaan lahan tegalan di Kabupaten Jember adalah dengan menggunakan teknik usahatani konservasi. Teknik usahatani konservasi adalah suatu pendekatan peningkatan produktivitas dengan tetap memperhatikan kualitas sumberdaya lahan, air, tanaman, dan lingkungan Tujuan teknik ini adalah peningkatan pendapatan petani dan kelestarian lingkungan (Anasiru 2016).

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa bahan organik, liat dan pH merupakan komponen utama yang perlu diperhatikan dalam budidaya tanaman. Usaha meningkatkan c-organik tanah dapat dilakukan dengan memanfaatkan serasah sisa pemangkasan maupun pembenaman sisa-sisa tanaman serta pemberian pupuk organik lainnya (Anwar *et al.* 2017). Larassati dan Santoso (2019) menyatakan bahwa penambahan bahan organik berupa pupuk kandang kambing sebesar 20 ton/ha mampu meningkatkan produksi tanaman buncis.

Faktor utama kedua adalah liat. Liat berperan penting dalam mengikat unsur hara dan menukarkan dengan perakaran tanaman (Suryani 2014). Tanah berliat akan lebih mudah mengalami erosi (Dewi *et al.* 2020). Penambahan bahan organik dalam budidaya pada lahan

tegalan dapat dilakukan untuk menjaga agar liat tidak tererosi dan menjaga kandungan unsur hara. Berdasarkan hasil penelitian Trisnady *et al.* (2018) menyatakan pemberian bahan organik pada tanah bertekstur liat berpengaruh terhadap sifat kimia tanah, dimana perlakuan terbaik adalah pada perlakuan kombinasi liat 40% dan pupuk kandang 30ton/ha.

Faktor utama parameter tanah adalah pH. pH berperan dalam kemampuan tanah menyediakan unsur hara bagi tanaman. Unsur hara pada umumnya dapat diserap dengan baik oleh tanaman pada pH netral (6,5-7) (Hanafiah 2016). pH tanah di lokasi penelitian berkisar antara agak masam hingga agak basa. pH tidak menjadi masalah dalam budidaya tanaman di lahan tegalan.

Kesimpulan

Terdapat tiga komponen utama yang merepresentasikan kualitas tanah lahan tegalan di Jember yaitu karbon organik, liat, dan pH. Lahan tegalan di daerah Jember terbagi menjadi tiga kelas kualitas tanah, yaitu rendah (1,3% dari total luas lahan yang disurvei), sedang (63,9%), dan baik (34,7%). Permasalahan utama yang terdapat pada tanah berkualitas rendah adalah kandungan bahan organik yang rendah dan tekstur tanah yang umumnya berupa pasir. Pada lahan tegal dengan kualitas tanah sedang memiliki kandungan bahan organik berkisar rendah sampai sedang. Rekomendasi pengelolaan lahan tegal dengan kualitas tanah rendah dan sedang adalah penambahan bahan organik untuk mengefisienkan pemupukan.

Daftar Pustaka

- Adhikari K, Libohova Z, Miller DM, Wills SA, Nemecek J. 2019. Assessing Soil Organic Carbon Stock of Wisconsin, USA And Its Fate Under Future Land Use And Climate Change. *Science of The Total Environment* 667: 833–845.
- Akinyemi FO, Tlhalerwa LT, Eze PN. 2019. Land Degradation Assessment In An African Dryland Context Based on The Composite Land Degradation Index and Mapping Method. *Geocarto International*. 36: 833-845
- Alfiyah F, Nugroho Y, Rudy GS. 2020. Pengaruh Kelas Lereng dan Tutupan Lahan Terhadap Solum Tanah, Kedalaman Efektif Akar dan pH Tanah. *Sylva Scientiae*. 3 (3) : 499–508.
- Anwar A, Ranbe RDH, Bahar M. 2017. Pengaruh Kombinasi Pupuk NPK dan Urine Kambing

Terhadap Tanaman Terung (*Solanum melongena*. L) pada Fase Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman di Polybag. *Wahana Inovasi*. 6 (2) :157-169

- Arifin Z, Susilowati LE, Kusuma BH. 2017. Perubahan Indeks Kualitas Tanah di Lahan Kering Akibat Masukan Pupuk Anorganik- Organik. *Agroteksos*. 26 (2): 1–17.
- Arviandi R, Rauf A, Sitanggang G. 2015. Evaluasi Sifat Kimia Tanah Inceptisol pada Kebun Inti Tanaman Gambir (*Uncaria gambir roxb.*) di Kecamatan Salak Kabupaten Pakpak Bharat. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3 (4): 1329–1334.
- Asvini B, Jithesh. 2018. Impact of Using Artificial Fertilizer In Soil. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 119 (17) :47–55.
- Basuki B, Sari VK. 2020. Efektifitas Dolomit dalam Mempertahankan pH Tanah Inceptisol Perkebunan Tebu Blimbing Djatiroto. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 11 (2): 58-64.
- Berek KA, Tabati PO, Uto U, Bere E, Taekab R. 2017. Perbaikan Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah di Tanah Entisol Semiarid Melalui Aplikasi Biochar. *Savana Cendana*. 2 (2477) : 56–58.
- Bhaduri D, Purakayastha T, Patra AK, Chakraborty D. 2014. Evaluating Soil Quality Under a Long-Term Integrated Tillage-Water-Nutrient Experiment With Intensive Rice-Wheat Rotation In a Semi-Arid Inceptisol, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 186 (4): 2535–2547.
- BPS. 2019. Kabupaten Jember dalam Angka. Jember: Badan Pusat Statistik.
- Chandini, Kumar R, Kumar R, dan Prakash O. 2019. The Impact of Chemical Fertilizers on Our Environment And Ecosystem. *Research Trends in Environmental Sciences*. (February):69–86.
- De Lima RP, Da Silva AP, Giarola NFP, Da Silva AR, Rolim MM, Keller T. 2018. Impact of Initial Bulk Density And Matric Suction on Compressive Properties of Two Oxisols Under No-Till. *Soil and Tillage Research*. 175: 168–177.
- Dewi E, Haryanto R, Sudirja R. 2020. Pengaruh Penggunaan Lahan dan Posisi Lereng Kandungan C-Organik dan Beberapa Sifat Fisik Tanah Inceptisols Jatinangor, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 4 (1) :49–53.
- Dharmawan L, Muljono P, Retno HD, Purwanto BP. 2020. Digital Information Development In Agriculture Extension In Facing New Normal Era During Covid-19 Pandemics. *Jonuns.Com*. 47(12)
- Djaenudin D, Hidayat A. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Edisi kedua Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 166pp.
- Elbersen B, Eupen VE, Mantel S, Verzandvoort S, Boogaard H, Mucher S, Cisarrel T, Elbersen W, Bai Z, Iqbal Y, Cossel M, Mcallum II, Carrasco J, Ramos CC, Monti A, Scordia D, Eleftheriadis I. 2020. Deliverable 2. 1 Definition and Classification of Marginal Lands Suitable for Industrial Crops In Europe. *EU Horizon* 62pp
- Eviati, Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk* Edisi 2. Bogor: Balai Penelitian Tanah. 234pp.
- Han SH, Kim S, Chang H, Kim HJ, An J, Son Y. 2021. Fine Root Biomass and Production Regarding Root Diameter In *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* Forests: Soil Depth Effects and The Relationship With Net Primary Production. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 45 (1): 46–54.
- Hanafiah AK. 2016. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Depok: Raja Grafindo Persada.
- Hermiyanto B, Winarso S, Kusumandaru W. 2016. Soil Chemical Properties Index of Tobacco Plantation Land In Jember District. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 9:181–190.
- Hermiyanty AB, Wandira, Dewi S. 2004. *Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah*. Jakarta: Balai Penelitian Tanah.
- Hoover DL., Bestelmeyer B, Grimm NB, Huxman TE, Reed SC, Sala O, Seastedt TR, Wilmer H, Ferrenberg S. 2020. Traversing The Wasteland: A Framework For Assessing Ecological Threats to Drylands. *BioScience*. 70 (1): 35–47.
- Hui FJ, Dong MS, Zheng FC, Yi JL, Yi BL, Xu Y. 2018. Evaluation Indicators of Cultivated Layer Soil Quality For Red Soil Slope Farmland Based on Cluster And PCA Analysis. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 34 (7): 155–164.
- Indarto I, Putra BTW, Mandala M. 2020. Using Sentinel-2A to Identify The Change in Dry Marginal Agricultural Land Occupation. *Journal of Water and Land Development*. 47(1): 89–95.
- Jannah R, Dhonanto D, Hakim HF. 2021. Pemetaan Kualitas Tanah Dengan Analisis Sistem Informasi Geografis Di Kota Samarinda. *Agroteknologi Tropika Lembab*. 4:50–61.
- Kalambukattu JG, Kumar S, Ghotekar YS. 2018. Spatial Variability Analysis of Soil Quality Parameters in a

- Watershed of Sub-Himalayan Landscape - a Case Study. *Eurasian Journal of Soil Science*. 7(3): 238–250.
- Larassati A, Santoso M. 2019. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Terhadap Biourine Sapi dan Pupuk Kandang Kambing. *Jurnal Produksi Tanaman*. 7 (4): 589–598.
- Manurung WN, Hanum H, Razali R. 2018. Aplikasi Kombinasi Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Dan Serapan Hara K Serta Pertumbuhan Tanaman Padi Hitam (*Oryza sativa* L.) di Tanah Sawah. *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*. 1(2): 174–179.
- Mukherjee A, Lal R. 2014. Comparison Of Soil Quality Index Using Three Methods. *PLoS ONE*. 9(8): 1-15.
- Muñoz RM. 2018. Soil Quality Indicators: Critical Tools In Ecosystem Restoration. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 5: 47–52.
- Nagumo T, Tajima S, Chikushi S, Yamashita A. 2013. Phosphorus Balance and Soil Phosphorus Status In Paddy Rice Fields With Various Fertilizer Practices. *Plant Production Science*. 16 (1): 69–76.
- Neina D. 2019. The role of soil ph in plant nutrition and soil remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019 (3): 1-9
- Nguyen TT, Sasaki Y, Kakuda KI, Fujii H. 2020. Comparison of Paddy Soil Fertility Under Conventional Rice Straw Application Versus Cow Dung Compost Application In Mixed Crop-Livestock Systems In A Cold Temperate Region Of Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*. 66 (1): 106–115.
- Nursyamsi D, Idris K, Rachim DA, Sofyan A. 2007. Sifat-Sifat Tanah Dominan yang Berpengaruh Terhadap K Tersedia pada Tanah-Tanah yang Didominasi Smektit. *Tanah Dan Iklim*. 26 (1): 13–28.
- Nusantara RW, Aspan A, Alhaddad AM, Suryadi UE, Makhrawie, Fitria I, Fakhruddin J, Rezekikasari. 2018. Peat Soil Quality Index and Its Determinants as Influenced By Land Use Changes in Kubu Raya District, West Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 19 (2): 540–545.
- Palembang J, Jamilah J, Sarifuddin S. 2013. Kajian Sifat Kimia Tanah Sawah dengan Pola Pertanaman Padi Semangka di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 1(4): 95824.
- Putra TK, Afany MR, Widodo RA. 2020. Pengaruh Bahan Organik Dan Tanah Vertisol Sebagai Kalium di Tanah Regosol Pasir Pantai. *Tanah Dan Air*. 17(1):20–25.
- Putri NM. 2018. Analisis Prioritas Rehabilitasi Bendung (Studi Kasus Bendung Cokrobedog, Gamping, Pendowo, dan Pijenan Di Kali Bedog). *Jurnal Teknik Sipil*. 25(2): 141-148.
- Rahutomo S, Ginting E. 2018. Tingkat Pencucian N, P, K, dan Mg dari Aplikasi Beberapa Jenis Pupuk. *Penelitian Kelapa Sawit*, 26(1): 37–47.
- Rajamuddin UA, Sanusi I. 2014. Karakteristik Morfologi dan Klasifikasi Tanah Inceptisol pada Beberapa Sistem Lahan di Kabupaten Jeneponto Sulawesi Selatan. *Jurnal Agroland*. 21(2): 81–85.
- Ramzan S, Pervez A, Wani MA, Jeelani J, Ashraf I, Rasool R, Bhat MA, Maqbool M. 2019. Soil Health: Looking for The Effect of Tillage on Soil Physical Health. *Ijcs*. 7(1): 1731–1736.
- Romadhona S, Arifandi JA. 2020. Indeks Kualitas Tanah Dan Pemanfaatan Lahan Sub DAS Suco Kabupaten Jember. *GEOGRAPHY : Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*. 8 (1): 37–45.
- Simamora J, Rauf A, Marpaung P, Jamila J. 2016. Perbaikan Sifat Kimia Tanah Sawah Akibat Pemberian Bahan Organik pada Pertanaman Semangka (*Citrullus lanatus*). *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 4 (4): 2196–2201.
- Sollins P, Gregg JW. 2017. Soil Organic Matter Accumulation in Relation To Changing Soil Volume, Mass, And Structure: Concepts And Calculations. *Geoderma*. 301:60–71.
- Stylianou A, Sdrali D, Apostolopoulos CD. 2020. Integrated Sustainability Assessment of Divergent Mediterranean Farming Systems: Cyprus As a Case Study. *Sustainability*. 12(15): 1-23
- Suganda H, Rachman A, Sutono. 2006. *Petunjuk Pengambilan Contoh Tanah*. Bogor: Balai Penelitian Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Supriyadi I, Mustikaningrum A, Herawati A, Purwanto P, Sumani S. 2018. Soil Quality Assessment In Organic And Non Organic Paddy Fields In Susukan, Indonesia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 24 (5): 777–784.
- Suryani I. 2014. Kapasitas Tukar Kation (KTK) Berbagai Kedalaman Tanah pada Areal Konversi Lahan Hutan. *Jurnal Agrisistem*. 10 (2): 99–106.
- Susanti Y, Syarifudin, Helmi M. 2020. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Serayu Hulu dengan Pengginderaan Jauh dan Sistem

Informasi Geografis. BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi. 13 (1): 23–30.

Trisnady MC, Sondakh TD, Kawulusan RI. 2018. Pengaruh Pupuk Kandang dan Tanah Bertekstur Liat Terhadap Sifat Kimia Tanah Tailing Serta Respon Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata*). *Cocos*. 1(1): 1-12.

Yuniarti A, Solihin E, Putri AT. 2020. Aplikasi Pupuk Organik Dan N, P, K Terhadap pH Tanah, P-Tersedia, Serapan P, dan Hasil Padi Hitam (*Oryza sativa L.*) pada Inceptisol. *Kultivasi*. 19 (1): 1040-1046.

Zainuddin Z, Zuraida Z, Jufri Y. 2020. Evaluasi Ketersediaan Unsur Hara Fosfor (P) pada Lahan Sawah Intensif Kecamatan Sukamakmur Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4 (4): 603–609.

Zgorelec Z, Grahovac B, Percin A, Jurkovic V, Gandjaeva L, Maurović N. 2019. Comparison of Two Different CEC Determination Methods Regarding The Soil Properties. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 84 (2): 151–158.

