

Analisis Status Kerusakan Tanah pada Lahan Sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara Berbasis Sistem Informasi Geografis

Krisdianto Putra Sihombing, I Wayan Narka^{*)}, Ida Bagus Putu Bhayunagiri

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana

Jl. P.B. Sudirman, Denpasar, Bali, 80232

^{*)}Email: wayannarka61@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the status of soil damage, limiting factors, create a map of the status of soil damage, and provide recommendations for repairing soil damage. This research was carried out in Subak, North Denpasar District, from December 2020 to February 2021. The research method was carried out using a survey method, namely observation and soil sampling followed by laboratory analysis. Parameters analyzed were solum thickness, surface kerocks, fraction composition, total porosity, bulk density, electrical conductivity, pH, permeability, and the number of microbes. The results showed that the status of soil damage at the study site was classified as undamaged (N) and lightly damaged (R.I). The undamaged status includes Subak Dalem, Subak Lungatad, Subak Ubung and slightly damaged status includes Subak Kedua, Subak Pakel II, Subak Petangan, Subak Pakel I, Subak Sembung. The limiting factors of the research area are permeability and fraction composition. Recommendations for improvement from the results of the research are the application of Organic-Based Controlled Aerobic Rice Intensification (IPAT-BO) technology, such as the provision of organic matter in the form of rice straw residues and good soil management by plowing the land using cattle or tractor power.

Keywords: *Soil damage, limiting factors, repair recommendations*

1. Pendahuluan

Lahan subur untuk pertanian banyak beralih fungsi menjadi lahan nonpertanian, sebagai akibatnya kegiatan-kegiatan budidaya pertanian bergeser ke lahan-lahan kritis yang memerlukan input tinggi dan mahal untuk menghasilkan produk pangan yang berkualitas. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi untuk produksi pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman dapat menyebabkan kerusakan (Vebriawandaru, 2020). Kerusakan tanah merupakan hilangnya atau menurunnya fungsi tanah, baik sebagai sumber unsur hara tumbuhan maupun sebagai matriks tempat akar tumbuhan berjangkar dan juga tempat air tersimpan (Tolaka *et al.*, 2013). Pemanfaatan tanah dengan intensitas tinggi berpotensi mengalami kerusakan tanah. Kerusakan tanah

oleh satu atau lebih proses tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, dan biomassa yang dihasilkan.

Kerusakan tanah pada dasarnya dapat terjadi akibat aktivitas manusia maupun secara alami. Faktor penyebab kerusakan tanah diantaranya akibat aktivitas pertanian seperti pengolahan tanah berlebihan, rotasi tanaman kurang tepat, pemindahan sisa tanaman, perumpukan berlebihan, terjadinya eksploitasi yang berlebihan yang disebabkan input yang jauh lebih kecil daripada output yang diambil dan penggunaan lahan hutan untuk pertanian. Kerusakan tanah yang berkelanjutan akan berdampak pada meluasnya jumlah lahan kritis. Luas lahan sawah di Kecamatan Denpasar Utara pada tahun 2014 hingga 2018 mengalami penurunan dari 712,00 Ha, 707,00 Ha, 691,00 Ha, dan 677,00 Ha oleh karena perubahan alih fungsi lahan sawah menjadi lahan non sawah (BPS, 2019).

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem yang mengcapture, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial (keruangan) mereferensikan kepada kondisi bumi (Gunawan, 2011). SIG digunakan untuk memonitor apa yang terjadi dan keputusan apa yang akan diambil dengan memetakan apa yang ada pada suatu area dan apa yang ada diluar area.

Pemerintah Indonesia mengeluarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 150 tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa untuk dapat mencegah dan mengendalikan kerusakan tanah. Di Kecamatan Denpasar Utara perlu dilakukan penelitian analisis status kerusakan tanah serta sebarannya pada beberapa lokasi subak, untuk mendapatkan data terbaru dari status kerusakan tanah.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini mulai dilakukan pada Desember 2020 sampai dengan Februari 2021. Penelitian ini dilaksanakan di lahan Subak Kecamatan Denpasar Utara antara lain Subak Kedua (75 ha), Lungatad (114 ha), Petangan (36 ha), Pakel II (65 ha), Pakel I (90 ha), Dalem (97 ha), Sembung (103 ha), dan Ubung (5 ha).

2.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta dasar berupa peta subak LP2B Kota Denpasar (Trigunasih *et al.*, 2020), data citra satelit *Worldview* tahun 2020 kota Denpasar, peta jenis tanah (1 : 250.000), peta kemiringan lereng (1 : 25.000) serta tanah sebagai sampel dan juga bahan kimia untuk analisis di laboratorium.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop untuk analisis citra, *software* QGIS 3.8 (64 bit), *software* Microsoft Excel 2010, plastik transparan, ring sampel, pisau lapangan, meteran, GPS, pH meter, ayakan lolos 2 mm, timbangan, bor tanah, pipet, oven, dan seperangkat alat tulis.

2.3 Metode Penelitian

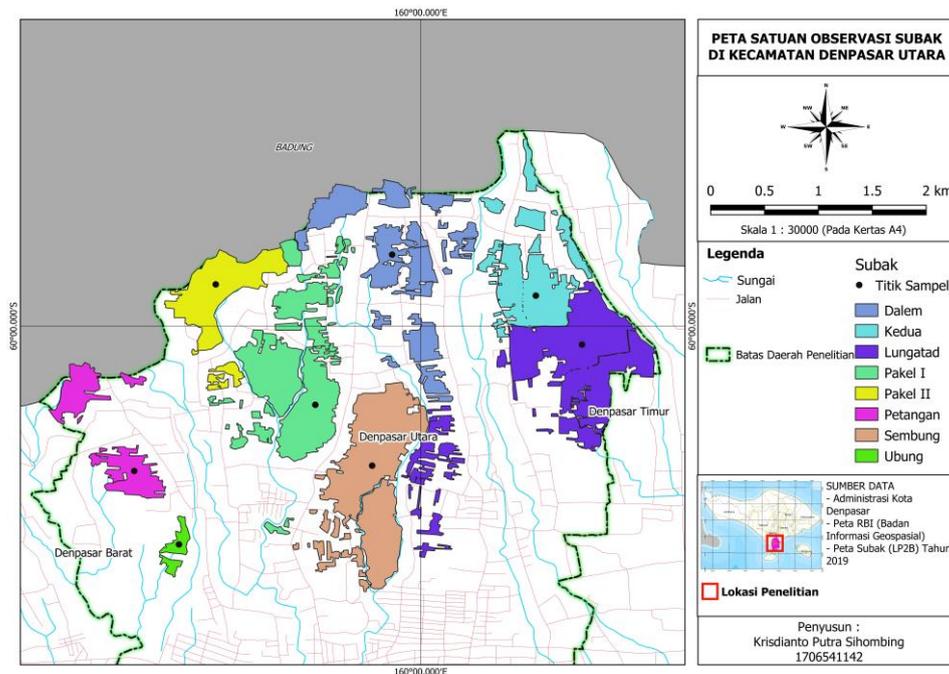
Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dengan objek observasi subak-subak di Kecamatan Denpasar Utara dan penetapan status kerusakan tanah berdasarkan tata cara pengukuran kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa (Permen L.H. No. 07, 2006) melalui tahapan sebagai berikut:

2.3.1 Tahap Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan metode dengan pengumpulan pustaka sebagai data sekunder untuk memperoleh informasi yang berhubungan dengan daerah penelitian.

2.3.2 Delineasi Satuan Observasi

Unit observasi dilakukan dengan delineasi peta subak di Kecamatan Denpasar Utara yang bersumber dari peta LP2B (Trigunasih *et al.*, 2020), kemudian diacu menggunakan peta jenis tanah. Hasil delineasi satuan observasi subak disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Satuan Observasi Subak Kecamatan Denpasar Utara

2.3.3 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk mencocokkan hasil deleniasi satuan observasi yang sudah dibuat dengan kondisi sebenarnya di lapangan dan sambil menentukan titik pengamatan yang akan diambil sampelnya.

2.3.4 Survei Lapangan dan Pengambilan Sampel

Survei lapangan dilakukan untuk pengamatan dan pencatatan kondisi fisik dan lingkungan di lapangan. Pengamatan titik sampel pada unit observasi (subak) dilakukan

secara *purposive sampling* dengan pengamatan titik sampel menyesuaikan dengan luas subak di Kecamatan Denpasar Utara. Sampel tanah yang diamati dibedakan menjadi sampel tanah utuh dan sampel tanah tidak utuh. Pengambilan sampel tanah tidak utuh dilakukan untuk kegiatan analisis porositas, tekstur, pengukuran pH (H₂O), daya hantar listrik, dan jumlah mikroba. Sedangkan pengambilan sampel tanah utuh diambil menggunakan *ring sample* pada kedalaman 0-30 cm untuk pengukuran permeabilitas dan berat volume.

2.3.5 Analisis Tanah di Laboratorium

Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana, tujuannya untuk mengetahui sifat dasar tanah berdasarkan parameter kerusakan tanah. Parameter tersebut antara lain sifat fisika, kimia, dan biologi tanah.

2.3.6 Evaluasi Status Kerusakan Tanah

Evaluasi bertujuan untuk menentukan rusak tidaknya tanah berdasarkan kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa dengan menggunakan metode *matching* yaitu membandingkan antara hasil data analisis sifat fisika, kimia, dan biologi tanah dengan kriteria baku kerusakan tanah, hasil analisis ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kerusakan Tanah

No.	Parameter	Ambang Kritis	Metode Pengukuran
1.	Ketebalan solum	< 20 cm	Pengukuran langsung
2.	Kebatuan permukaan	> 40 %	Pengukuran langsung
3.	Komposisi fraksi	< 18 % koloid; > 80 % pasir kuarsitik	Pipet; Tabung ukur
4.	Berat volume	> 1,4 g/cm ³	Ring sampel
5.	Porositas total	< 30 %; > 70 %	Perhitungan berat isi dan berat jenis
6.	Derajat pelulusan air	< 0,7 cm/jam; > 8,0 cm/jam	Permeabilitas
7.	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	< 4,5; > 8,5	Potensiometrik
8.	Daya hantar listrik (H ₂ O 1:2,5)	> 4,0 mS/cm	Tahanan Listrik
9.	Jumlah mikroba	< 10 ² CFU/g tanah	Plating technique

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 150 Tahun 2000

2.3.7 Penetapan Status Kerusakan Tanah

Penetapan status kerusakan tanah dilakukan dengan cara *skoring* dengan mempertimbangkan frekuensi relatif tanah yang tergolong rusak dalam satu titik sampel, hasil skor kerusakan tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan rumus:

$$\text{Frekuensi relatif (\%)} = \frac{\sum \text{Contoh Tanah Rusak (Pengukuran Parameter)}}{\sum \text{Titik survei dalam poligon}} \times 100\%$$

Tabel 2. Skor kerusakan tanah berdasarkan frekuensi relatif

Frekuensi Relatif Kerusakan Tanah (%)	Skor	Status Kerusakan Tanah
0-10%	0	Tidak rusak
11-25%	1	Rusak ringan
26-50%	2	Rusak sedang
51-75%	3	Rusak berat
76-100%	4	Rusak sangat berat

Sumber : Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2009

Status kerusakan tanah ditetapkan melalui perhitungan frekuensi relatif (%) dari setiap parameter kerusakan tanah yang kemudian diketahui nilai skor frekuensi relatif. Selanjutnya dilakukan penjumlahan skor frekuensi relatif dan dicocokkan dengan tabel status kerusakan tanah (Tabel 3).

Tabel 3. Status Kerusakan Tanah Berdasarkan Nilai Akumulasi Skor

Simbol	Status Kerusakan Tanah	Akumulasi Skor
N	Tidak Rusak	0
R.I	Rusak Ringan	1-14
R.II	Rusak Sedang	15-24
R.III	Rusak Berat	25-34
R.IV	Rusak Sangat Berat	35-40

Sumber : Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2009

2.3.8 Pembuatan Peta Status Kerusakan Tanah

Pembuatan peta status kerusakan tanah untuk produksi biomassa merupakan output akhir yang berisi informasi tentang status, sebaran, luasan, dan faktor pembatas kerusakan tanah pada poligon-poligon yang dicirikan dengan perbedaan warna pada tiap-tiap faktor pembatas kerusakannya. Pembuatan peta status kerusakan tanah untuk produksi biomassa menggunakan perangkat sistem informasi geografis QGIS 3.8.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Lahan di Lokasi Penelitian

Berdasarkan pengamatan di lapangan, maka dapat diketahui beberapa kondisi lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara memiliki kemiringan 0 – 3% dan 3 – 8% dengan panjang lereng berkisar antara 50 – 500 m. Sebaran jenis tanah pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara didominasi oleh jenis tanah Latosol.

3.2 Penilaian Parameter Kerusakan Tanah

Analisis sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada daerah penelitian berdasarkan parameter kerusakan tanah dilakukan dengan dua cara yaitu pengamatan langsung di lapangan dengan mencari parameter kedalaman solum dan kebatuan permukaan, dan analisis sampel tanah di laboratorium dengan mencari parameter komposisi fraksi, berat isi, porositas total, permeabilitas, pH, daya hantar listrik, dan jumlah mikroba. Hasil analisis kondisi tanah pada daerah penelitian (Tabel 4) dilakukan perbandingan (*matching*) dengan parameter kerusakan tanah (PP No. 150, 2000).

Tabel 4. Hasil Analisis Parameter Kerusakan Tanah

Sampel	Parameter									
	Ketebalan Solum (cm)	Kebatuan Permukaan (%)	Komposisi Fraksi (%)		Berat Isi (g/cm ³)	Porositas Total (%)	Permeabilitas (cm/jam)	pH (H ₂ O) 1:2,5	Daya Hantar Listrik (mS/cm)	Jumlah Mikroba CFU/g tanah
			Koloid	Pasir						
Dalem	90	0	30,65	26,13	1,12	50	4,47	6,68	0,21	644 x 10 ⁶
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Kedua	85	0	34,12	18,59	1,06	51,37	0,41	6,79	0,45	152 x 10 ⁶
	N	N	N	N	N	N	R	N	N	N
Lungatad	100	0	39,25	15,37	1,05	53,33	1,50	6,90	0,35	117,67 x 10 ⁶
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Pakel II	110	0	28,92	24,05	1,10	51,75	0,35	6,80	0,38	225,3 x 10 ⁶
	N	N	N	N	N	N	R	N	N	N
Petangan	80	0	10,13	8,30	1,35	40,78	0,34	6,90	0,56	156,67 x 10 ⁶
	N	N	R	N	N	N	R	N	N	N
Ubung	90	0	21,70	26,21	1,09	48,34	1,34	6,98	0,61	302,67 x 10 ⁶
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Pakel I	75	0	8,15	24,05	0,94	58,03	11,16	6,63	1,55	152 x 10 ⁶
	N	N	R	N	N	N	R	N	N	N
Sembung	80	0	6,16	21,06	1,06	50,69	11,16	7,05	0,50	242,3 x 10 ⁶
	N	N	R	N	N	N	R	N	N	N

Keterangan : Terdapat 9 parameter yang diteliti untuk sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, didapatkan hasil N = Tidak Rusak, R = Rusak

Hasil pengamatan lapangan pada parameter ketebalan solum pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara berkisar antara 75 cm – 110 cm, dimana nilai ini tidak melewati ambang kritis yang sudah ditetapkan yaitu <20 cm. Hal ini menunjukkan tanah masih dikatakan baik dan belum mengalami kerusakan. Ketebalan solum penting untuk diamati karena menentukan jumlah total unsur hara maupun air yang tersedia bagi tanaman.

Hasil pengamatan lapangan pada parameter kebatuan permukaan menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian dipantau kebatuan di permukaan <40% dengan nilai 0%, karena lahan sawah merupakan tanah yang sudah diolah untuk ditanami padi dan tidak adanya batuan lepas di permukaan tanah. Menurut Tufaila dan Alam (2014) menyatakan bahwa batuan permukaan dapat berpengaruh terhadap daya penyimpanan air untuk kebutuhan tanaman termasuk sawah yang pada fase vegetatif membutuhkan air yang cukup banyak.

Komposisi fraksi menjadi faktor pembatas dimana terdapat 3 titik sampel yang melebihi ambang kritis antara lain Subak Petangan, Subak Pakel I, dan Subak Sembung dengan memiliki nilai fraksi koloid atau liat kurang dari 18% (<18%) dan fraksi pasir pada semua titik sampel tidak melebihi ambang kritis kerusakan tanah, sehingga pada lokasi penelitian ini kemampuan tanah mengikat unsur hara maupun air rendah dan mempunyai kemantapan agregat rendah sehingga mudah hilang.

Hasil analisis parameter berat isi pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara tidak ada yang melewati ambang kritis yang ditetapkan (>1,4 gr/cm³) dengan nilai berat isi berkisar 0,94 – 1,35 gr/cm³ artinya kondisi perakaran tanaman di lokasi penelitian baik dan tidak mengalami kerusakan. Berat isi tanah dipengaruhi oleh padatan tanah, perakaran, pori-pori tanah, tekstur tanah, bahan organik serta pengelolaan tanah sehingga dengan mudah berubah pengelolaan tanah. Berat isi berguna untuk evaluasi terhadap kemungkinan akar menembus tanah.

Hasil analisis porositas total tanah pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara tergolong tinggi dengan nilai sebesar 40,78% sampai 58,03% yang artinya porositas tanah pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara tidak mengalami kerusakan. Menurut Hardjowigeno (2003) bahwa semakin tinggi porositas tanah maka semakin tinggi kandungan bahan organik pada tanah tersebut.

Dari hasil analisis tanah pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara didapatkan parameter permeabilitas menjadi faktor pembatas dimana terdapat 5 titik sampel yang melebihi ambang kritis dengan nilai permeabilitas kisaran antara 0,34 – 11,16 (lambat sampai agak cepat). Permeabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur, struktur, porositas, dan bahan organik. Ditinjau dari jenis tanah yang ada, tanah Latosol memiliki tekstur liat sampai lempung, strukturnya remah sampai gumpal lemah dan konsistensi gembur. Hal tersebut dapat mempengaruhi permeabilitas pada tanah, karena bentuk struktur tanah yang membulat seperti remah dan gumpal membulat akan menghasilkan tanah dengan porositas tinggi sehingga air akan mudah meresap ke dalam tanah dan aliran air permukaan kecil (Suripin, 2001).

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan bahwa pH tanah pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara termasuk kategori agak masam – netral dengan nilai pH berkisar antara 6,63 – 7,05 artinya tidak melebihi ambang kritis kerusakan tanah dan cenderung netral. Kondisi ini memungkinkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan baik. Kemasaman tanah (pH) sangat mempengaruhi ketersediaan atau tidaknya unsur hara, unsur meracuni dalam tanah maupun aktivitas organisme tanah. Pada pH yang netral (6 – 7) ketersediaan hara menjadi optimal dalam hal jumlah maupun kesetimbangan unsur hara dalam larutan tanah.

Hasil dari analisis parameter DHL pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara berkisar antara 0,21 mS/cm – 1,55 mS/cm ini menunjukkan nilai DHL dalam batas tanah yang masih baik dan belum mengalami kerusakan. Pada lahan kering atau tanah mineral, nilai DHL cenderung kecil, akan tetapi nilai ini akan meningkat apabila tanah mengalami banjir/tergenang.

Hasil analisis parameter jumlah mikroba pada lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara menunjukkan bahwa total populasi mikroba dalam tanah relative baik dan masih dalam nilai 10^6 cfu/gr tanah artinya tidak melewati ambang kritis kerusakan tanah yang sudah ditetapkan yaitu $<10^2$ cfu/gr. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ekologi di lokasi penelitian masih menunjang perkembangan mikroba tanah. Populasi mikroba tanah yang tinggi menggambarkan adanya suplai makanan atau energy yang cukup tinggi, temperature yang sesuai, kelembaban yang cukup serta kondisi ekologi lain untuk mendukung perkembangan mikroba di dalam tanah.

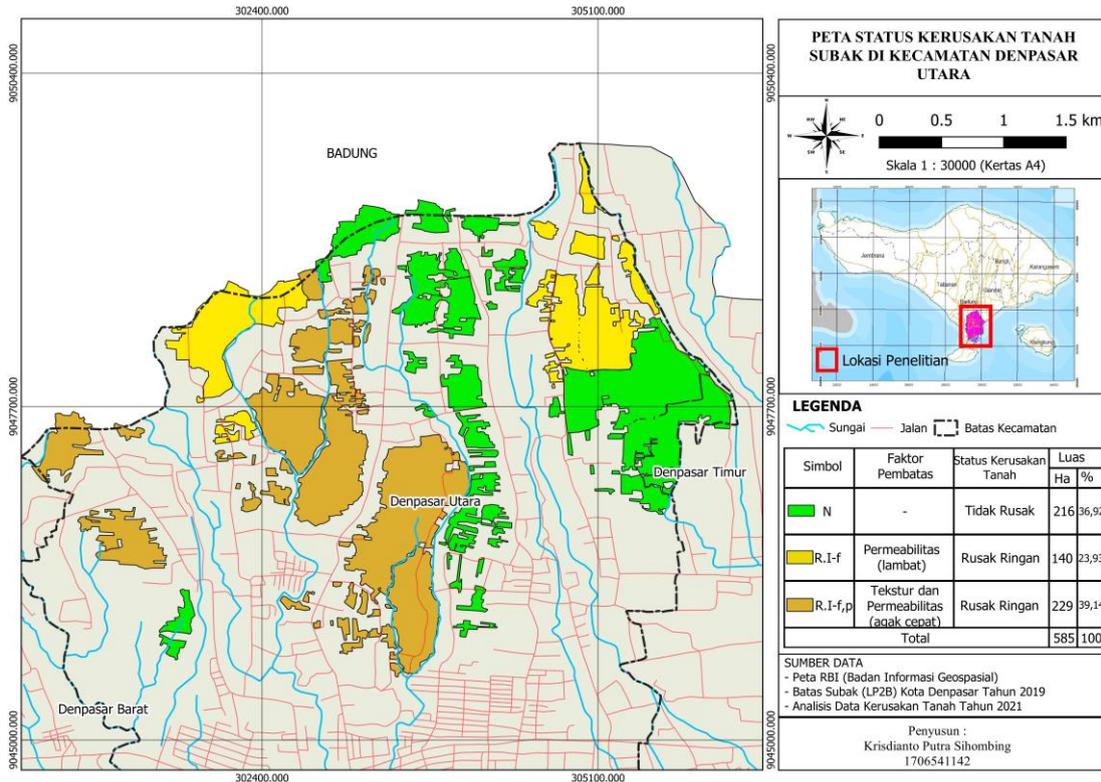
3.3 Status Kerusakan Tanah

Hasil analisis status kerusakan tanah yang ditetapkan berdasarkan kondisi sifat dasar tanah pada parameter kerusakan tanah di daerah penelitian lahan sawah di subak Kecamatan Denpasar Utara adalah rusak ringan (R.I), hasil analisis ditampilkan pada Tabel 5, dan peta status kerusakan tanah pada Gambar 2.

Tabel 5. Frekuensi Relatif dan Status Kerusakan Tanah

No	Parameter	Frekuensi Relatif Kerusakan Tanah (%)	Skor Frekuensi Relatif
1	Ketebalan Solum	0	0
2	Kebatuan Permukaan	0	0
3	Komposisi Fraksi	Liat + Pasir 18,75	1
4	Berat Volume	0	0
5	Porositas Total	0	0
6	Derajat Pelulusan Air	62,5	3
7	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	0	0
8	Daya Hantar Listrik (DHL)	0	0
9	Jumlah Mikroba	0	0
Jumlah			4
Status Kerusakan Tanah			Rusak Ringan
Simbol			R.I-f,p

Sumber: Analisis Laboratorium



Gambar 2. Peta Status Kerusakan Tanah Subak Kecamatan Denpasar Utara

3.4 Usaha Perbaikan

Arahan pengelolaan lahan sawah di Subak di Kecamatan Denpasar Utara ditetapkan berdasarkan hasil status kerusakan tanah dan faktor pembatas yang telah diteliti. Dalam konteks status kerusakan tanah, perlu kiranya dilakukan upaya perbaikan kondisi status kerusakan tanah sehingga kualitas tanah menjadi lebih baik dan meningkatkan produksi pertanian yang berkelanjutan. Usaha perbaikan yang direkomendasi adalah penerapan teknologi Intensifikasi Padi Aerob Terkendali Berbasis Organik (IPAT-BO) seperti pemberian bahan organik dan pengolahan tanah. Penambahan bahan organik yang mudah dikembalikan ke dalam tanah antara lain sisa-sisa jerami padi. Pengolahan tanah direkomendasikan setelah tanaman padi dengan menggunakan bajak singkal dalam keadaan basah pada lapisan olah (atasnya) yang digandengkan dengan sumber tenaga penggerak seperti tenaga sapi atau traktor pertanian.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis kerusakan tanah di lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara maka dapat disimpulkan bahwa lahan sawah di Subak Kecamatan Denpasar Utara memiliki status tidak rusak dan rusak ringan. Status tidak rusak (N) meliputi Subak Lungatad, Subak Dalem, dan Subak Ubung dengan total luas sebesar 216 ha atau sebesar 36,92%. Sedangkan status rusak ringan (R.I) meliputi Subak Kedua, Subak Pakel II, Subak Petangan, Subak Pakel I, dan Subak Sembung

dengan total luas sebesar 369 ha atau sebesar 63,08%. Parameter yang menjadi faktor pembatas kerusakan tanah di lokasi penelitian adalah komposisi fraksi dan permeabilitas. Arahan pengelolaan yang direkomendasi untuk perbaikan adalah penerapan teknologi Intensifikasi Padi Aerob Terkendali Berbasis Organik (IPAT-BO) seperti pemberian bahan organik dan pengolahan tanah. Penambahan bahan organik yang mudah dikembalikan ke dalam tanah antara lain sisa-sisa jerami padi. Pengolahan tanah dengan menggunakan bajak singkal pada lapisan olah (atasnya) dalam keadaan basah yang digerakkan dengan tenaga sapi atau traktor. Sebaran peta status rusak ringan dikelompokkan berdasarkan dengan simbol warna hijau, kuning, dan kuning kecoklatan.

Daftar Pustaka

- BPS Denpasar Utara. (2019). Kecamatan Denpasar Utara Dalam Angka 2019. Badan Pusat Statistik Kota Denpasar.
- Gunawan, B. (2011). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis untuk Analisa Potensi Sumber Daya Lahan Pertanian di Kabupaten Kudus. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 4(2): 122-132.
- Hardjowigeno, S. (2003). Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo, Jakarta. 354 hal.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2009). Pedoman Teknis Penyusunan Peta Status Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa. Jakarta
- Trigunasih, N. M., Lanya, I., Suwastika, A. A. N. G. (2020). Analisis Spasial Daya Dukung Lahan dan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) di Sawah Subak Kota Denpasar (Laporan Akhir Penelitian Unggulan Udayana). Unpublished.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2006 tentang Tata Cara Pengukuran Kerusakan Tanah Baku untuk Produksi Biomassa.
- Peraturan Pemerintah Nomor 150 Tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa.
- Suripin. (2001). Pelestarian sumberdaya tanah dan air. Yogyakarta (ID): Andi.
- Tolaka, W., Wardah., & Rahmawati. (2013). Sifat Fisik Tanah Pada Hutan Primer, Agroforestri dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saluopa, Desa Leboni, Kecamatan Pamona, Peselemba Kabupaten Poso. Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako. WARTA RIMBA Vol. 1(1): 1-8.
- Tufaila, M., & S, Alam. (2014). Karakteristik tanah dan evaluasi lahan untuk pengembangan tanaman padi sawah di Kecamatan Oheo Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal*. Vol. 24: 0854-0128.
- Vebriawandaru, B. P. (2020). Analisis Status Kerusakan Tanah Untuk Biomassa di Desa Beji Kecamatan Ngawen Kabupaten Gunungkidul. *Disertasi*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional " Veteran " Yogyakarta.