

KESESUAIAN LAHAN PADI SAWAH DI DESA BUMI RAPAK DAN DESA SELANGKAU KABUPATEN KUTAI TIMUR

Land Suitability of Rice Fields in Bumi Rapak Village and Selangkau Village East Kutai Regency

Surya Darma*

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Krayan Kampus, Gunung Kelua, Samarinda 75117, Indonesia

ABSTRACT

The major production of paddy fields is grain, which produces rice as the principal ingredient of Indonesian people's food. The characteristics of the land that can be evaluated or not suitable and the limiting factors influence the suitability of land for lowland rice. East Kutai Regency in East Kalimantan Province has a fairly large paddy field as a grain producer in Bumi Rapak Village and Selangkau Village. The research objectives to understand and explore the suitability class of paddy fields in Bumi Rapak Village, Selangkau Village, and the principal limiting factors. The method applied by matching the growing requirements of lowland rice with the characteristics of paddy fields. We prove that the low availability of P_2O_5 nutrients so that the actual land suitability class for lowland rice is marginally suitable (S3) and sub-class S3n; the productivity is only 4.54 tons (ha^{-1}). Improvement efforts carried out by low-to-moderate inputs with the application of SP-36 fertilizer at a dose of 100 kg (ha^{-1}) per growing season, the suitability class increases of quite appropriate (S2) and the S2n sub-class expected to increase productivity to 5.00-6.00 tons (ha^{-1}).

Keywords: Food, nutrients, productivity, rice fields, suitability

ABSTRAK

Lahan sawah produksi utamanya adalah gabah yang menghasilkan beras sebagai bahan utama makanan rakyat Indonesia. Kesesuaian lahan terhadap padi sawah dipengaruhi oleh karakteristik lahan yang dapat dievaluasi sesuai atau tidak sesuai dan faktor pembatasnya. Kabupaten Kutai Timur di Provinsi Kalimantan Timur terdapat lahan sawah yang cukup luas sebagai penghasil gabah yang terdapat di Desa Bumi Rapak dan Desa Selangkau. Objektivitas penelitian untuk memahami dan menyelami kelas kesesuaian lahan sawah di Desa Bumi Rapak, Desa Selangkau, dan faktor pembatas utama. Metode diterapkan dengan pencocokan antara persyaratan tumbuh padi sawah dengan karakteristik lahan sawah. Terbukti bahwa rendahnya ketersediaan hara P_2O_5 , sehingga kelas kesesuaian lahan aktual padi sawah sesuai marginal (S3) dan sub kelas S3n, produktivitas hanya 4.54 ton ha^{-1} . Usaha perbaikan yang dilakukan masukan rendah hingga sedang dengan pemberian pupuk SP-36 dosis 100 kg ha^{-1} tiap musim tanam, kelas kesesuaian naik menjadi cukup sesuai (S2) dan sub kelas S2n diharapkan produktivitas akan naik menjadi 5.00-6.00 ton (ha^{-1}).

Kata kunci: pangan, hara, produktivitas, sawah, kesesuaian

PENDAHULUAN

Tanah sawah dilihat dari fungsi produksinya hampir semuanya ditujukan untuk menghasilkan gabah yang menghasilkan beras. Beras merupakan bahan pokok utama makanan lebih dari 90% rakyat Indonesia (Wijaya, 2021). Ketersediaan beras harus tetap dijaga dalam rangka revitalisasi proses produksi, distribusi, dan konsumsi pangan nasional (Darma *et al.*, 2020). Kesesuaian lahan adalah kecocokan sebidang lahan untuk penggunaan tertentu (Ritung *et al.*, 2011), maka kesesuaian lahan untuk padi sawah adalah kecocokannlahan jika digunakan untuk budidaya padi sawah yang dipengaruhi oleh karakteristik lahan bersangkutan. Karakteristik lahan meliputi iklim, fisik-kimia dan lingkungan. Karakteristik lahan dinilai secara kuantitatif dan kualitatif untuk dievaluasi kecocokannya terhadap persyaratan penggunaan untuk padi sawah. Metode evaluasi lahan beberapa cara seperti perkalian parametrik (Derissen, 1971), sistem *matching* atau mencocokkan (FAO, 1976), *automated land*

evaluation system (Rossiter and Van Wambeke, 1997), spasial analisis (ESRI, 1997).

Lahan sawah harus diketahui tingkat kesesuaian dan faktor pembatasnya, agar dapat diambil tindakan yang tepat untuk mengatasi faktor pembatas tersebut ataupun tingkat modal dan teknologi yang diperlukan agar sesuai dengan produksi yang dihasilkan (Imanudin *et al.*, 2021). Mukhtar dan Nurwadjedi (2019) menyoroti faktor pembatas terdiri atas karakteristik lahan yaitu iklim, tanah, dan lingkungan fisik wilayah lokasinya.

Produktivitas padi sawah gabah kering di Kabupaten Kutai Timur pada 2014 mencapai 4.54 ton ha^{-1} (BPS – Kabupaten Kutai Timur, 2015). Secara keseluruhan produksi gabah di Indonesia, khususnya Kabupaten Kutai Timur hanya mampu memenuhi 43% kebutuhan beras (Zainul *et al.*, 2021), sehingga dipenuhi dari daerah lain, semisal dari Pulau Jawa dan Pulau Sulawesi. Dalam situasi normal, keadaan itu tidak menjadi masalah tetapi perlu diantisipasi jika terjadi bencana alam atau masalah keamanan (Seivwright *et al.*, 2020). Dengan begitu, pasokan beras terhambat atau menimbulkan kelangkaan

*) Penulis Korespondensi: Telp. +628125477240; Email. surya_darma@faperta.unmul.ac.id DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jilt.24.1.32-38>

pangan. Kelangkaan pangan dapat menjadi pemicu masalah-masalah sosial yang lebih luas (Darma dan Darma, 2020).

Kesuaian lahan suatu lokasi perlu diketahui tingkat kelasnya dan faktor pembatas utamanya, maka perlu dibuat perencanaan yang tepat terhadap pelaksanaan penggunaan lahan yang sesuai dengan memperhatikan dan melakukan usaha-usaha perbaikan terhadap pembatas utamanya pada skala keekonomian. Adapun tujuan penelitian mengetahui karakteristik lahan sawah di Desa Bumi Rapak dan Desa Selangkau. Selain itu, tujuan lainnya adalah mengidentifikasi kesesuaiannya dan pengelolaan faktor pembatas utamanya tingkat rendah hingga sedang terhadap penggunaan padi sawah.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian pada salah satu sentra lahan sawah di Desa Bumi Rapak Kecamatan Kaubun dan Desa Selangkau Kecamatan Kaliorang, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan peta tanah (BBSDLP, 2018), tanah dominan di Bumi Rapak *Typic Endoaquepts*, di Selangkau *Sulfic Endoaquepts*, datar, lereng <2%. Morfologi sekitarnya perbukitan, kelerengan 16-25%, lahan sawah di Bumi Rapak dilintasi Sungai Libun, di Selangkau Sungai Selangkau. Iklim basah ($Q=0.28$), rerata curah hujan tahunan 1,737 mm th^{-1} curah hujan tertinggi pada Bulan Desember 218 mm. Lokasi penelitian lihat Gambar 1.

Peralatan lapangan GPS, peta administrasi, peta tanah, pH tusuk, bor tanah, klinometer, ember plastik, spidol permanen, kantong plastik, parang dan kebutuhan lainnya mengacu instrumen dasar (Wahyunto *et al.*, 2016). Peralatan lain dan bahan-bahan kimia laboratorium untuk analisis sampel tanah mengidentifikasi parameter fisik-kimia tanah.

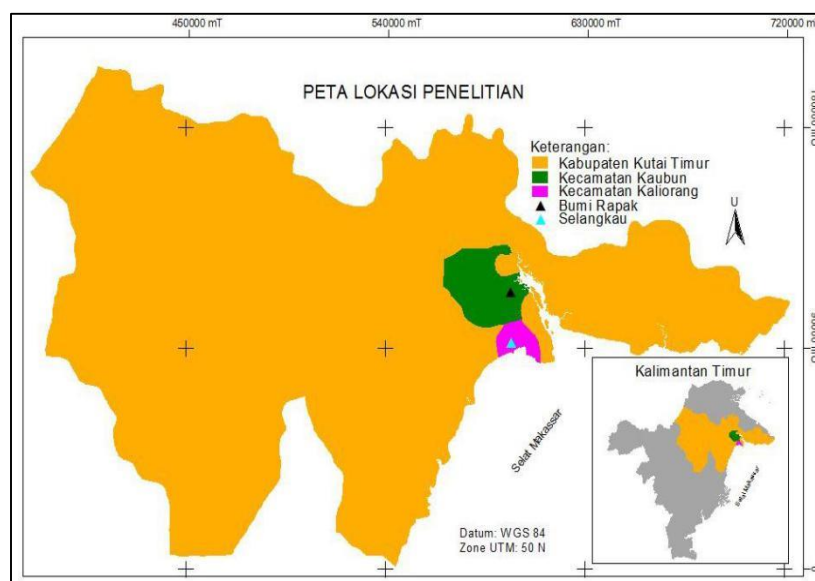
Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data primer telah dikumpulkan melalui survei pada Februari 2020. Parameter lahan diukur

langsung di lapangan dalam rangka menganalisis kedalaman tanah, drainase, bahan kasar, kematangan dan ketebalan gambut, kedalaman sulfidik, lereng, bahaya longsor, tinggi dan lama genangan, serta batuan permukaan dan singkapan batuan. Pengambilan sampel tanah diterapkan secara komposit di masing-masing 12 titik lokasi dengan kedalaman 0-20cm. Kemudian, sampel komposit dicampur hingga merata menggunakan ember, lalu diambil sekitar 1.5 kg, dan dikemas dalam plastik diberi label untuk dianalisis (Purwanto *et al.*, 2014; Putri *et al.*, 2017). Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Tanah Faperta Universitas Mulawarman. Parameter sifat fisika-kimia yaitu tekstur, pH, KTK, C-organik, N-total, P_2O_5 , K_2O , salinitas dan alkalinitas mengacu teknik analisa Eviati and Sulaiman (2009). Data iklim seperti curah hujan dan temperatur diperoleh dari BPS. Lebih lanjut, kriteria persyaratan penggunaan lahan padi sawah mengacu Wahyunto *et al.* (2016).

Analisis Data

Karakteristik lahan seperti iklim, fisik-kimia, dan lingkungan dicocokkan dengan persyaratan tumbuh padi sawah, maka difokuskan pada tingkat kesesuaiannya. Kelas sesuai terbagi atas S1 (sangat sesuai) lahan dengan pembatas ringan tanpa input tambahan, S2 (cukup sesuai) lahan dengan pembatas sedang memerlukan input tambahan sedang, S3 (sesuai marjinal) lahan dengan pembatas berat memerlukan input tambahan lebih dari S2 dan kelas N (tidak sesuai) mempunyai faktor pembatas sangat berat sulit diatasi (Delsouz-Khaki *et al.*, 2017). Cara mengetahui kelas kesesuaian lahan dengan pencocokan (*Matching*) antara data lahan yang diperoleh dengan persyaratan penggunaan lahan untuk padi sawah mengacu Djaenudin *et al.* (2011); Suheri *et al.* (2018), dan Peraturan Menteri Pertanian – Republik Indonesia No. 79/OT.140/8/2013. Hasil ini diperoleh kelas kesesuaian aktual dan faktor pembatasnya. Perbaikan dilevel pengelolaan rendah dan sedang terhadap kesesuaian aktual, akan memberikan gambaran kelas kesesuaian potensial.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lahan

Karakteristik iklim yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi padi tadah hujan adalah temperatur dan curah hujan. Berdasarkan data selama 10 tahun (2009-2018) yang direratakan dari stasiun pengamatan curah hujan di Kecamatan Kaliorang dan Kecamatan Kaubun, diperoleh temperatur rerata harian 26.0 °C dengan variasi antara temperatur terendah dan tertinggi antara 6-7 °C dan curah hujan rerata 1.737 mm tahun⁻¹. Beriklim basah dengan nilai Q = 0.28 (Schmidt dan Ferguson, 1951) dan Af (Köppen-Geiger berdasarkan konsep Beck *et al.*, 2018) dengan kelembaban udara sekitar 80%.

Atas dasar pengamatan lapangan pada kedua lokasi, bahwa media perakaran seperti *drainase* termasuk kelas yang terhambat sampai terhambat yang ditandai dengan warna tanah *gley* atau keabuan dan terdapat sedikit karatan pada kedalaman hingga 30 cm dari permukaan (Khayrulina *et al.*, 2021). Tekstur tanah Lempung Berdebu (*Silty Loam*) tergolong kelas sedang sangat sesuai untuk sawah, kedalaman tanah lebih dari 50 cm dan tidak terdapat bahan kasar seperti kerikil atau kerakal. Bahan gambut terdapat di tanah sawah di Selangkau dengan sebaran tidak merata, ketebalan 3-6 cm. Tingkat pelapukan gambut saprik yang masih terlihat jaringan tumbuhan asalnya (Kazemian *et al.*, 2011). Hasil analisis laboratorium disajikan pada Tabel 1.

Tanah sawah di Selangkau pH tanah 5.5 (agak masam), kation-kation basa (C⁺², Mg⁺², Na⁺) mendominasi dalam larutan tanah dan permukaan koloid tanah dibanding kation asam (Al⁺³ dan H⁺), maka kejenuhan basa 96.59% (sangat tinggi) dan kejenuhan Al 0.00% (sangat rendah) memberikan gambaran bahwa ketersediaan unsur P tidak dipengaruhi Al, tetapi dipengaruhi oleh jumlahnya dalam tanah hingga kedalaman 20 cm. Tanah sawah di Bumi Rapak pH 5.4 (masam), kation basa cukup mendominasi dalam larutan tanah dan permukaan koloid tanah, tetapi kejenuhan Al 16.68% (sedang) yang berpengaruh terhadap pelarutan dan ketersediaan unsur P. Berdasarkan pH tanah kedua lokasi bukanlah hal utama karena kelarutan Al yang rendah. Batas kelarutan Al akan berhenti dan mengendap pada pH 5.7 dengan membentuk senyawa Al(H₂O)₃(OH)₃⁰ (Lindsay, 1979; McBride, 1994; Hardin dan Black, 1968; Tisdale dan Nelson, 1975; Jackson, 1963). Sebaliknya, level kelarutan Al yang tinggi terjadi pada pH < 4.5 (Li dan Jhonson, 2016).

Penilaian Kesesuaian Lahan dan Peranan P

Dilingkup ini, kesesuaian lahan merupakan intensitas kesesuaian alamiah suatu lahan terhadap penggunaan komoditas pertanian tertentu tanpa campur tangan manusia terhadap karakteristik lahannya. Kesesuaian lahan yang diperoleh adalah kesesuaian aktual.

Hasil analisis kesesuaian lahan secara aktual bahwa lokasi sawah Bumi Rapak dan Selangkau memiliki faktor pembatas utama atau terberat yang sama yaitu kandungan hara P₂O₅ yang rendah disajikan pada Tabel 2. Hukum Liebig (1840) yang dipertajam oleh ulasan Mustaqim (2018), bahwa faktor yang paling menentukan

adalah yang jumlahnya minimum, sehingga kelas kesesuaian lahannya S3 dengan sub kelas S3na. Kandungan hara P₂O₅ yang rendah menjadi perhatian utama untuk pengelolaan tanaman padi sawah agar produktivitas dapat ditingkatkan.

Usaha untuk meningkatkan produktivitas dengan intervensi perbaikan terhadap faktor pembatas terberat menghasilkan kesesuaian potensial. Meningkatkan hara P₂O₅ dengan pemupukan yang mengandungi hara P, dengan pertimbangan tingkat masukan atau biaya rendah hingga sedang hanya menaikkan kelas kesesuaian satu tingkat di atasnya, sehingga kelas kesesuaian menjadi S2. Masukan rendah dipilih dengan pertimbangan agar dapat dilaksanakan oleh petani, namun kenaikan produktivitas yang memadai sehingga menguntungkan.

Untuk tanah sawah yang berstatus P₂O₅ rendah, diidentifikasi dengan pemberian pupuk P dalam rangka peningkatan kandungan P tanah dan menambah produksi tanaman (Ismon, 2016). Dosis pemberian pupuk P dari pupuk SP-36 untuk tanah sawah dengan status P₂O₅ rendah 100 kg ha⁻¹ yang diperuntukkan di setiap musim tanam (Aisyah *et al.*, 2010). Untuk mencapai produksi gabah kering giling (GKG) 6.0 ton ha⁻¹ diperlukan P sebanyak 20-22 kg, setara dengan 100-110 kg TSP (Dobermann dan Fairhurst, 2000). Penilaian kesesuaian lahan aktual lihat Tabel 2.

Unsur hara P dalam tanah diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion fosfat (HPO₄²⁻ dan H₂PO₄⁻) dari larutan tanah (Butler *et al.*, 2020). Hara P sangat penting untuk elemen yang dibutuhkan untuk penyimpanan energi dan transfer di dalam tanaman. Hara P adalah komponen utama dalam ATP, molekul yang menyediakan energi bagi tanaman untuk proses seperti fotosintesis, sintesis protein, translokasi nutrisi, penyerapan nutrisi dan respirasi (Choudhury *et al.*, 2007). Hara P membantu perkembangan akar, inisiasi bunga, dan biji dan perkembangan buah (Uchida, 2000).

Tindakan perbaikan terhadap faktor pembatas utama atau terberat agar hasil padi sawah meningkat menghasilkan kelas kesesuaian lahan potensial. Setelah dilakukan perbaikan dengan pemupukan P, kelas kesesuaian lahan potensial untuk kedua lokasi menjadi S2, sub kelas pembatas yang sama adalah hara tersedia (na). Lokasi Selangkau pembatas lainnya adalah bahaya sulfidik (xs), karena posisi lokasinya yang berdekatan dengan laut. Pengaruh pasang-surut sebagian lokasi masih berdampak, sebagian yang tidak terdampak saat ini dulunya terdampak pasang-surut sehingga kedalaman lapisan sulfidik yang lebih dangkal pada kedalaman 75-100 cm. Oleh karenanya, pengerjaan tanah sawah diusahakan selalu tergenang, agar lapisan sulfidik tidak terpapar udara bebas yang dapat menyebabkan tanah sawah lebih masam (Singh dan Schulze, 2015). Lokasi Bumi Rapak faktor pembatas lainnya adalah retensi hara yang disebabkan pH tanah masam dan KTK tanah yang rendah. Kesesuaian lahan potensial lihat pada Tabel 3.

Perbaikan secara terpisah terhadap pembatas tanah masam dengan pengapuran pada dosis rendah sekitar 1.0-1.5 ton ha⁻¹ kapur pertanian untuk menaikkan sedikit pH tanah dari status M menjadi AM, sedangkan KTK tanah diperbaiki melalui eskalasi pada bahan organik (semisal pupuk kompos atau pupuk kandang). Tabel 3 juga menelaah perbaikan hara pada tanah masam dan KTK dilakukan

bersamaan dengan cara pemberian pupuk kandang yang berasal dari peternakan ayam yang saat pengelolaan

kotorannya diberikan kapur pertanian untuk mengurangi bau, dengan dosis 2-3 ton ha⁻¹.

Tabel 1. Hasil analisis sampel tanah komposit

Karakteristik kimia tanah	Selangkau		Bumi Rapak	
	Nilai	Kriteria*	Nilai	Kriteria*
pH (H ₂ O)	5.50	AM	5.40	M
C-organik (%)	2.27	S	1.41	R
KTK (cmol)	21.94	S	10.49	R
Kejenuhan Basa (%)	96.59	ST	70.61	T
Kejenuhan Al (%)	0.00	SR	16.68	S
N-total (%)	0.24	S	0.17	R
P ₂ O ₅ (mg100 ⁻¹ g)	16.20	R	17.50	R
K ₂ O (mg100 ⁻¹ g)	12.60	R	14.30	R

Keterangan:*M = Masam; AM = Agak masam; S = Sedang; SR = Sangat Rendah; T = Tinggi; ST = Sangat Tinggi

Tabel 2. Penilaian kesesuaian lahan padai sawah irigasi

Karakteristik Lahan	Selangkau			Bumi Rapak		
	Data	Kesesuaian Aktual (A)		Data	Kesesuaian Aktual (A)	
Temperatur (tc)						
Temperatur rata-rata (°C)	27.3	S2	S2	27.3	S2	S2
Ketersediaan air (wa)						
Curah hujan tahunan (mm/thn)	1,737	S1	S1	1,737	S1	S1
Media perakaran (rc)						
Drainase	At	S1	S1	At	S1	S1
Tekstur	S	S1	S1	S	S1	S1
Bahan kasar (%)	< 3	S1	S1	<3	S1	S1
Kedalaman tanah (cm)	> 50	S1	S1	>50	S1	S1
Gambut:						
Ketebalan (cm)	< 50	S1	S1	<50	S1	S1
Kematangan	saprik	S1	S1	Saprik	S1	S1
Retensi hara (nr)						
KTK tanah (cmol)	21.94	S1	S1	10.49	S2	S2
Kejenuhan basa (%)	96.59	S1	S1	70.61	S1	S1
pH H ₂ O	5.50	S1	S1	5.40	S2	S2
C-organik (%)	2.27	S1	S1	1.41	S1	S1
Hara Tersedia (na)						
N total (%)	S	S1	S3	R	S2	S2
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	R	S3	S3	R	S3	S3
K ₂ O (mg/100 g)	R	S2	S2	R	S2	S2
Toksistas (xc)						
Salinitas (dS/m)	< 2	S1	S1	< 2	S1	S1
Sodisitas (xn)						
Alkalinitas/ESP (%)	1.55	S1	S1	2.0	S1	S1
Bahaya sulfidik (xs)						
Kedalaman sulfidik (cm)	75-100	S2	S2	>100	S1	S1
Bahaya erosi (eh)						
Lereng (%)	< 3	S1	S1	< 3	S1	S1
Bahaya erosi	-	S1	S1	-	S1	S1
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam(fh)						
- Tinggi (cm)	25	S1	S1	25	S1	S1
- Lama (hari)	tanpa	S1	S1	Tanpa	S1	S1
Penyiapan lahan (lp)						
Batuan di permukaan (%)	< 5	S1	S1	< 5	S1	S1
Singkapan batuan (%)	< 5	S1	S1	< 5	S1	S1
Hasil penilaian			S3na			S3na

Tabel 3. Kesesuaian lahan potensial (P)

Karakteristik Lahan	Selangkau			Bumi Rapak		
	Data	Kesesuaian Potensial (P)		Data	Kesesuaian Potensial (P)	
Retensi hara (nr)						
KTK tanah (cmol)	21.94	S1	S1	10.49	S2	S2
Kejenuhan basa (%)	96.59	S1	S1	70.61	S1	S1
pH H ₂ O	5.50	S1	S1	5.40	S2	S2
C-organik (%)	2.27	S1	S1	1.41	S1	S1
Hara Tersedia (na)						
N total (%)	S	S1	S2	R	S2	S2
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	R	S2	S2	S	S2	S2
K ₂ O (mg/100 g)	R	S2	S2	R	S2	S2
Bahaya sulfidik (xs)						
Kedalaman sulfidik (cm)	75-100	S2	S2	>100	S1	S1
Hasil penilaian			S2na,xs			S2na,nr

SIMPULAN

Kelas kesesuaian lahan aktual sawah di Desa Bumi Rapak dan Desa Selangkau S3 yaitu sesuai marjinal dengan sub kelas S3na dengan faktor pembatas utama hara tersedia P_2O_5 yang rendah. Pemberian pupuk P dengan masukan rendah hingga sedang dapat menaikkan kelas kesesuaian lahan potensial menjadi S2. Setelah mencapai kelas S2 faktor pembatas kedua lokasi sama yaitu hara tersedia (na), tetapi memiliki faktor pembatas lain yang berbeda. Sawah di Desa Bumi Rapak pembatas lainnya yang lebih ringan yaitu retensi hara dengan parameter KTK dan pH, sedangkan di Desa Selangkau terdapat faktor pembatas terberat adalah kedalaman sulfidik yang dangkal.

Lahan sawah di Desa Selangkau faktor pembatas terberat bahaya sulfidik, maka dari itu dalam penggunaannya diperlukan pengelolaan tinggi muka air genangan agar tidak kering terlalu lama yang berpotensi untuk meningkatkan kemasaman tanah. Lahan sawah di Desa Bumi Rapak harus dilakukan pemupukan dengan bahan organik, pengapuran dosis rendah, dan pupuk kandang ayam yang diberi kapur pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Kutai Timur, khususnya Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah atas kerjasamanya dengan pihak Fakultas Pertanian (Universitas Mulawarman). Apresiasi setinggi-tingginya juga diberikan kepada Editor di Jurnal Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan (IPB) yang telah memberikan rekomendasi konstruktif dalam rangka penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, D., A.D. Suyono dan A. Citraresmini. 2010. Komposisi kandungan fosfor pada tanaman padi sawah (*oryza sativa* L.) berasal dari pupuk p dan bahan organik. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*, 12(3): 126-135.
- Anonim. 2013. Peraturan Menteri Pertanian No. 79/Permentan/Ot.140/8/2013 tentang 'Pedoman kesesuaian lahan pada komoditas tanaman pangan'. Jakarta.
- [BBSDLP] Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. 2018. Peta Tanah Semi Detail Skala 1:50.000. Bogor.
- Beck, H., N. Zimmermann, T. McVicar, N. Vergopolan, A. Berg and E.F. Woof. 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1): 180-214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- [BPS] Badan Pusat Statistika Kabupaten Kutai Timur. 2015. *Kutai Timur dalam angka 2015*. BPS, Sangatta. <https://kutimkab.bps.go.id/publication/2015/11/02/df6690299b9dc4f9a007b0ab/kutai-timur-dalam-angka-tahun-2015.html> (diakses 7 Maret 2020).
- Butler, B.M., J. Palarea-Albaladejo, K.D. Shepherd, K.M. Nyambura, E.K. Towett, A.M. Sila and S. Hillier. 2020. Mineral-nutrient relationships in African soils assessed using cluster analysis of X-ray powder diffraction patterns and compositional methods. *Geoderma*, 375: 114474. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114474>.
- Choudhury, A.T., I.R. Kennedy, M.F. Ahmed and M.L. Kecskés. 2007. Phosphorus fertilization for rice and control of environmental pollution problems. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(13): 2098–2105. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.2098.2105>.
- Darma, S. and D.C. Darma. 2020. Food security management for Indonesia: the strategy during the COVID-19 pandemic. *Management Dynamics in the Knowledge*, 8(4): 371-381. <https://doi.org/10.2478/mdke-2020-0024>.
- Darma, S., S. Maria, D. Lestari and D.C. Darma. 2020. An agroforestry consortium: a multideterminant in instituting an agrisilviculture system to improve welfare. *Virtual Economics*, 3(1): 95-111. [https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01\(5\)](https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01(5)).
- Delsouz-Khaki, B., N. Honarjoo, N. Davatgar, A. Jalalian and H.T. Golsefidi. 2017. Assessment of two soil fertility indexes to evaluate paddy fields for rice cultivation. *Sustainability*, 9(8): 1299. <https://doi.org/10.3390/su9081299>.
- Djaenuidin, D., H. Marwan, H. Subagjo dan A. Hidayat. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. *Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management*. IRRI, Makati City.
- Eviati, E. dan S. Sulaiman. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1976. *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soils Bulletin, No: 32; FAO: Rome, Italy, 1976; ISBN 92-5-1001 11-1.
- [ESRI] Environmental System Research Institute. 1997. *Arc View Spatial Analysis*. Inc. Redlands. USA.
- Hardin, B.O. and W.L. Black. 1968. Vibration modulus of normally consolidated clay closure. *ASCE Soil Mechanics and Foundation Division Journal*, 95(6): 1531-1537. <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001364>.
- Imanudin, M.S., P. Sulistiyani, M.E. Armanto, A. Madjid and A. Saputra. 2021. Land suitability and agricultural technology for rice cultivation on

- Tidal Lowland Reclamation in South Sumatra. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 10(1): 91-103. <https://doi.org/10.36706/JLSO.10.1.2021.527>.
- Ismon, L. 2016. Kajian pemupukan fosfor pada tiga tingkat status fosfor tanah terhadap tanaman padi sawah di Kabupaten Dharmasraya Sumatera Barat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 19(1): 71-84. <http://dx.doi.org/10.21082/jpftp.v19n1.2016.p%25p>.
- Jackson, R.D. 1963. Porosity and soil-water diffusivity relations. *Soil Science Society of America Journal*, 27(2): 123-126. <https://doi.org/10.2136/sssaj1963.0361599500270020011x>.
- Kazemian, S., B.B. Huat, A. Prasad and M. Barghchi. 2011. A state of art review of peat: geotechnical engineering perspective. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(8): 1974-1981.
- Khayrulina, E., A. Bogush, L. Novoselova and N. Mitrakova. 2021. Properties of alluvial soils of Taiga Forest under anthropogenic salinisation. *Forests*, 12(3): 321. <https://doi.org/10.3390/f12030321>.
- Liebig, J. 1840. *Die organische chemie in ihrer anwendung auf agricultur und physiologie, 3 unveränderter Abdruck*. Vieweg, Braunschweig. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.42117>.
- Li, W. and C.E. Jhonson. 2016. Relationships among pH, aluminum solubility and aluminum complexation with organic matter in acid forest soils of the Northeastern United States. *Geoderma*, 271(1): 234-242. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.02.030>
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibrium in Soils*. John Wiley & Sons, New York.
- McBride, M.B. 1994. *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York.
- Mukhtar, M.K. and N. Nurwadjadi. 2019. Study of physical environment based on land system map of Kabupaten Bandung. *Journal of Geography of Tropical Environments*, 3(2): 1-11. <http://dx.doi.org/10.7454/jglitrop.v3i2.53>.
- Mustaqim, W. 2018. Hukum minimum Liebig - sebuah ulasan dan aplikasi dalam biologi kontemporer. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 18(1): 28-32. <http://dx.doi.org/10.24843/blje.2018.v18.i01.p04>.
- Purwanto, I., J. Suryono, K. Sumantri, E. Soemantri, M. Mulyadi, S. Suwandi, J. Jaenudin, M. Mindawati, E. Suhaeti, E. Hidayat dan R. Hidayat. 2014. *Petunjuk Teknis Pelaksanaan Penelitian Kesuburan Tanah*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian – Kementerian Pertanian RI, Bogor.
- Putri, M.D., D.P.T. Baskoro, S.D. Tarigan dan E.D. Wahjunie. 2017. Karakteristik beberapa sifat tanah pada berbagai posisi lereng dan penggunaan lahan di DAS Ciliwung Hulu. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 19(2): 81-85. <https://doi.org/10.29244/jitl.19.2.81-85>.
- Ritung, S., K. Nugroho, A. Mulyani, dan E. Suryani. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (Edisi Revisi)*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Rossiter, D.G. and A.R. Van Wambeke. 1997. *Automated Land Evaluation System*. ALES Version 46.5d. Cornell University, Departement of Soil, Crop & Atmospheric Science. SCS, Ithaca, NY. USA.
- Schmidt, F.H. and J.H. Ferguson. 1951. *Rainfall types based on wet and dry period rations for Indonesia with Western New Guinea*. Kementerian Perhubungan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Seivwright, A.N., Z. Callis and P. Flatau. 2020. Food insecurity and socioeconomic disadvantage in Australia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2): 559. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020559>.
- Singh, B. and D.G. Schulze. 2015. Soil minerals and plant nutrition. *Nature Education Knowledge*, 6(1): 1-10.
- Suheri, N.A., M. Mujiyo and H. Widijanto. 2018. Land suitability evaluation for upland rice in Tirtomoyo District, Wonogiri Regency, Indonesia. *SAINS TANAH – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 15(1): 46-53. <https://doi.org/10.15608/stjssa.v15i1.21670>.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan, New York.
- Uchida, R. 2000. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils*, 4: 31-55.
- Wahyunto, H., E. Suryani, S. Tafakresnanto, A. Ritung, M. Mulyani, K. Sukarman, Y. Nugroho, S. Sulaeman, R.E. Suparto, T. Subandiono, D. Sutriadi and N. Nursyamsi. 2016. *Petunjuk Teknis Pedoman Survei dan Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail Skala 1:50.000*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian – Kementerian Pertanian RI, Bogor.
- Wijaya, S. 2021. Indonesian food culture mapping: a starter contribution to promote Indonesian culinary

tourism. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1): 9.
<https://doi.org/10.1186/s42779-019-0009-3>.

Zainul, A., N. Hanani, D. Kustiono, S. Syafrial and R. Asmara. 2021. Forecasting the basic conditions of

Indonesia's rice economy 2019-2045. *Agricultural Socio-Economics*, 21(2): 111-120.
<https://doi.org/10.21776/ub.agrise.2021.021.2.4>.
