

Pemetaan Tingkat Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Tanaman Cabai di Kecamatan Bulango Timur Menggunakan Sisitim Informasi Geografis

Rival Rahman¹, Silviana Arsyad¹, Yusrin Hasan¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

Corresponding Author: Rival Rahman, rival@ung.ac.id

Published: Desember , 2025

ABSTRACT

Kesesuaian lahan dan sistim informasi geografis merupakan salah satu tools dalam menganalisis dan menampilkan potensi lahan khususnya untuk lahan pertanian termasuk untuk lahan cabai. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi serta melakukan pemetaan tingkat kesesuaian lahan untuk mendukung budidaya tanaman cabai di lokasi penelitian. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Bulotalangi Timur pada Juli–September 2025, dengan analisis data di Laboratorium Tanah Universitas Negeri Gorontalo. Data yang digunakan meliputi peta RBI, peta lereng, penggunaan lahan, landform, DEM, serta karakteristik tanah dan lahan. Penelitian bersifat deskriptif kuantitatif dengan evaluasi kesesuaian lahan berbasis SIG menggunakan kerangka FAO, melalui pemadanan karakteristik lahan dengan kriteria kesesuaian tanaman cabai. Hasil analisis menunjukkan kelas kesesuaian lahan aktual untuk pengembangan tanaman cabai di Kecamatan Bulango Timur didominasi oleh kelas N (Tidak Sesuai) dengan luas 657,77 ha (53,28%) dengan faktor pembatas utama yakni bahaya erosi, kemudian keals S3 (Sesuai Marginal) dengan luas 295,86 ha (23,96%) dengan faktor pembatas utama ketersediaan air, media perakaran, retensi hara dan hara tersedia. setelah dilakukan upaya perbaikan maka beberapa dapat diperbaiki naik kelas menjadi kelas kesesuaian lahan potensial yang terdiri dari kelas S3 (sesuai Marginal) dengan persentase luasan mencapai 55,81% dan Kelas S2 (Cukup Sesuai) dengan presentase luasan mencapai 21,44%. kseimpulan dari peneltian ini adalah wilayah Kecamatan Bulango Timur bisa dikembangkan tanaman cabai namun beberpa lahan perlu diintervensi dengan teknik budidaya yang baik termasuk penerapan konservasi agar pemanfaatan lahan bisa berkelanjutan.

Keywords: Aktual, Cabai, Kesesuaian Lahan, Potensial, SIG

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annum* L.) adalah komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas harga pangan. Permintaan cabai yang cenderung meningkat tidak selalu diikuti oleh peningkatan produksi yang stabil, terutama di tingkat wilayah. Salah satu faktor utama penyebab fluktuasi produksi cabai adalah ketidaksesuaian lahan terhadap persyaratan tumbuh tanaman (Reddy et al., 2020). Di Provinsi, cabai rawit termasuk salah satu komoditas hortikultura yang paling unggul dan secara ekonomi memiliki kemampuan bersaing yang kuat dibandingkan komoditas lain di kawasan seperti jagung dan padi (Nurdin, 2024).

Salah satu cara untuk memaksimalkan potensi lahan di suatu daerah adalah dengan merencanakan penggunaan lahan secara efektif, terpadu dan berkelanjutan (Harun et.al. 2023). Kesesuaian lahan menjadi aspek krusial dalam pengembangan komoditas pertanian karena menentukan tingkat produktivitas dan keberlanjutan penggunaan lahan. Evaluasi kesesuaian lahan bertujuan untuk menilai tingkat kecocokan suatu lahan bagi penggunaan tertentu berdasarkan karakteristik lahan dan kebutuhan tanaman (FAO, 1976). Dalam konteks tanaman cabai, faktor iklim, topografi, dan sifat tanah seperti tekstur, drainase, serta pH tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman (Zhao et al., 2024).

Kemajuan dalam teknologi salah satunya adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat berpotensi untuk digabungkan dengan parameter biofisik dalam dimensi ruang sehingga evaluasi kesesuaian lahan dapat dilakukan secara lebih akurat dan efisien. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan evaluasi lahan berbasis SIG dengan kerangka FAO mampu menghasilkan peta kesesuaian lahan yang operasional dan mendukung perencanaan pertanian (Malczewski, 2015; Sitorus et al., 2018). Kesesuaian lahan dan Sistem Informasi Geografis (SIG) sering dikombinasikan dalam perencanaan penggunaan lahan. Kesesuaian lahan menunjukkan kemampuan suatu lahan dalam mendukung penggunaan tertentu, sedangkan SIG berperan sebagai sistem berbasis data spasial yang mampu mengintegrasikan berbagai informasi sumber daya lahan untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan (Malczewski, 2004; Bahtiar et al., 2012; Suryani & Tarigan, 2019; Nurdin et al., 2025).

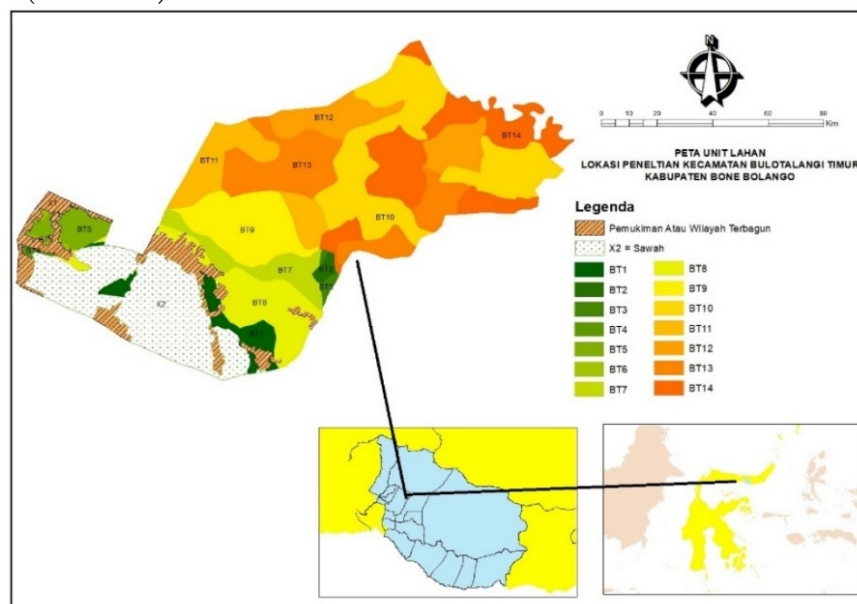
Kecamatan Bulotalangi Timur memiliki potensi pengembangan hortikultura, namun hingga saat ini belum tersedia informasi spasial mengenai tingkat lahan-lahan yang paling cocok untuk dikembangkan tanaman cabai. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai dasar ilmiah dalam perencanaan pengembangan cabai yang tepat lokasi dan berkelanjutan. Riset ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menggambarkan tingkat kecocokan lahan bagi budidaya tanaman cabai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Bulotalangi Timur, pada bulan Juli – September 2025 (Gambar 1), analisis data dilaksanakan di laboratorium tanah Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Peta Dasar RBI, Peta Lereng, Penggunaan Lahan, data Karakteristik Tanah dan lahan, Peta Landform, Peta penggunaan Lahan serta peta DEM. Studi ini adalah sebuah penelitian kuantitatif deskriptif yang menggunakan metode evaluasi kesesuaian lahan dengan mengadopsi kerangka FAO yang didukung oleh Sistem Informasi Geografis (SIG). Dimana pada data karakteristik lahan di lokasi penelitian di padankan dengan kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman cabai (Tabel 1) yang kemudian hasilnya ditampilkan dalam bentuk visualisasi peta. Adapun tahapan penelitian ini diantaranya

Penyusunan Peta Unit Lahan

Peta unit lahan merupakan dasar dalam melakukan analisis data, dimana Unit lahan dibuat berdasarkan hasil tumpang tindih beberapa peta seperti jenis tanah, landform, lereng, dan peta penutupan lahan. Unit lahan yang terbentuk tersebut merupakan satuan analisis utama dalam melakukan analisis evaluasi kesesuaian lahan (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Unit Lahan Lokasi Penelitian

Pengumpulan dan standarisasi Data Penelitian

Parameter kesesuaian lahan mengacu pada kerangka FAO dan kebutuhan tumbuh tanaman cabai, meliputi Curah hujan dan suhu udara, Kemiringan lereng dan elevasi, Tekstur tanah, drainase, dan kedalaman efektif, pH tanah dan kandungan bahan organik lebih lengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1. data-data tersebut kemudian disusun dan disesuaikan dengan standar kriteria kecocokan lahan untuk budidaya tanaman cabai yang ada.

Tabel 1. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Cabai

Persyaratan Penggunaan/Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur rata-rata (°C)	21–27	27–28 / 16–21	28–30 / 14–16	>30 / <14
Curah hujan (mm)	600–1.200	500–600 / 1.200–1.400	400–500 / >1.400	<400
Drainase	baik, agak terhambat	agak cepat, sedang	terhambat	sangat terhambat/cepat
Tekstur tanah	halus–sedang	halus–sedang	agak kasar	kasar
Bahan kasar (%)	<15	15–35	35–55	>55
Kedalaman tanah (cm)	>75	50–75	30–50	<30
Ketebalan gambut (cm)	<50 saprik	50–100 saprik/hemik	100–150 hemik	>150 fibrik
KTK tanah (cmol)	>16	5–16	<5	-
Kejenuhan basa (%)	>35	20–35	<20	-
pH H ₂ O	6.0–7.6	5.5–6.0 / 7.6–8.0	<5.5 / >8.0	-
C-organik (%)	>1.2	0.8–1.2	<0.8	-
N total (%)	Sedang–Tinggi	Rendah–Sedang	Sangat rendah	-
P ₂ O ₅ (mg/100g)	Tinggi	Sedang	Rendah–Sangat rendah	-
K ₂ O (mg/100g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
Salinitas (dS/m)	<3	3–5	5–7	>7
Alkalinitas/ESP (%)	<15	15–20	20–25	>25
Kedalaman sulfidik (cm)	>100	75–100	40–75	<40
Lereng (%)	<3	3–8	8–15	>15
Bahaya banjir (tinggi cm)	-	-	25	>25
Bahaya banjir (lama hari)	-	-	<7	>7
Batuan di permukaan (%)	<5	5–15	15–40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5–15	15–25	>25

Sumber : Ritung, et.al. (2011)

Analisis Kelas Kesesuaian Lahan (KKL) dan spasial

Penilaian kecocokan lahan dilakukan dengan cara membandingkan sifat-sifat lahan dengan syarat pertumbuhan tanaman cabai. Setiap parameter diklasifikasikan ke dalam kelas S1, S2, S3, atau N. Kelas kesesuaian lahan akhir ditentukan berdasarkan faktor pembatas terberat (most limiting factor) sesuai prinsip FAO (1976). Kelas kesesuaian lahan yang dianalisis terdiri dari kelas kesesuaian lahan actual dan potensial. Kelas Kesesuaian lahan Aktual merupakan kelas kesesuaian lahan eksisting atau apa adanya berdasarkan data yang ada, kelas kesesuaian lahan actual memiliki faktor-faktor pembatas yang kemudian beberapa dapat dilakukan perbaikan sedangkan yang lainnya tidak. Sehingga

mendapatkan Kelas kesesuaian potensial. Seluruh parameter dikonversi ke dalam bentuk peta tematik dan dianalisis menggunakan teknik overlay SIG untuk menghasilkan peta kesesuaian lahan tanaman cabai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

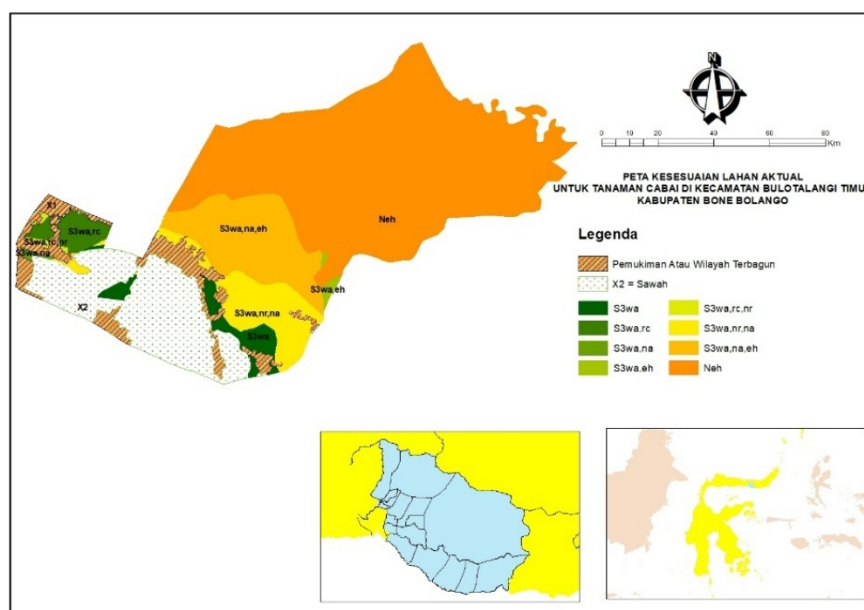
Kelas Kesesuaian Lahan (KKL) Aktual

Berdasarkan hasil analisis KKL aktual, di wilayah penelitian menunjukkan tingkat kesesuaian yang beragam. Secara umum, sebagian besar lahan berada pada kelas sesuai marginal (S3) dan kelas tidak sesuai (N). Artinya, lahan di lokasi ini masih dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pada beberapa bagian, namun hampir semua lahan memiliki faktor pembatasnya. Selengkapannya hasil analisis kesesuaian lahan aktual disajikan pada Tabel 2. dan ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Aktual untuk Pengembangan Tanaman Cabai.

Kelas Kesesuaian Aktual	Unit Lahan	Faktor Penghambat	Luas (Ha)	Persentase (%)
S3wa	BT1	Curah Hujan	32,95	2,67
S3wa,eh	BT3	Curah Hujan dan Bahaya Erosi	4,95	0,40
S3wa,na	BT4	Curah Hujan dan Hara Tersedia (N-Total)	2,3	0,19
S3wa,na,eh	BT7 dan BT9	Curah Hujan, Hara Tersedia dan Bahaya Erosi	139,94	11,34
S3wa,nr,na	BT8	Curah Hujan, Retensi Hara dan Hara Tersedia	84,56	6,85
S3wa,rc	BT5	Curah Hujan dan Kedalaman Tanah	27,64	2,24
S3wa,rc,nr,na	BT6	Curah Hujan, Media Perakaran, Retensi Hara, Hara Tersedia	3,52	0,29
Neh	BT2, BT10, BT11, BT12, BT13, BT14	Bahaya Erosi	657,77	53,28
X1	-	-	80,68	6,54
X2	-	-	200,15	16,21
Total			1234,46	100

Catatan : Wa: Faktor pembatas Curah Hujan, eh: Bahaya erosi, na: Hara Tersedia, nr: Retensi Hara, rc: Media perakaran, S2: Cukup Sesuai, S3: Sesuai Marginal N: tidak Sesuai, X1:Lahan Terbangun, X2: Lahan Sawah



Gambar 2. Peta Kelas Kesesuaian Lahan Aktual

Hasil analisis diatas menunjukkan KKL aktual untuk tanaman cabe didominasi oleh kelas N (Tidak Sesuai) yang tersebar di sebgaiian besar unit lahan yang ada di Lokasi penelitian dengan luasan 657,77 ha (53,28%). Lahan-lahan ini dibatasi oleh faktor lereng. Ini menunjukkan lahan-lahan yang ada di kecamatan ini didominasi dengan lereng-lereng bergelombang sampai dengan sangat curam. Kemudian kelas kesesuaian lahan yang paling luas di ututan ke dua yakni kelas S3wa, na, eh dengan luas mencapai 139,94 Ha atau sekitar 11,34%. Pada lahan ini terdapat fakror pembatas berupa curah hujan yang kurang sesuai, unsur hara yang terbatas, serta ancaman bahaya erosi. Sementra itu kelas kesesuaian lahan paling kecil adalah kelas S3wa,na yang terletak pada unit lahan BT4 dengan luasan 2,3 ha (0,19%) dari total wilayah penelitian. Sementra itu wilayah dengan simbol X1 dan X2 merupakan wilayah yang tidak dianalisis dimana X1 merupakan lahan terbagun atau pemukiman sedangkan X2 merupakan lahan sawah. Adapun sebaran spasial untuk KKL potensial untuk pengembangan tanaman cabai di Kecamatan Bulango Timur ditunjukkan pada Gambar 2.

Faktor Pembatas dan upaya perbaikan

Berdasarkan kelas kesesuaian lahan aktual diatas maka didapatkanlah beberpa faktor-faktor pembatas dalam pengembangan tanaman cabai di Kecamtana Bulotalangi Timur. Faktor-faktor pembatas ini beberpa dapat dilakukan perbaikan seperti Curah hujan, Retensi Hara, Hara Tersedia dan Bahaya Erosi sementra yang lainnya tidak dapat diperbaiki seperti media perakaran seperti tekstur dan kedalaman tanah. Adapun faktor yang membatasi KKL aktual beserta upaya perbaikan untuk pengembangan tanaman cabai adalah sebagai berikut.

Ketersediaan Air (wa)

faktor penting yang berdampak pada produktivitas tanaman adalah distribusi curah hujan yang tidak merata. Selama fase kritis fase pertumbuhan, kekurangan air dapat menyebabkan penurunan fotosintesis, berkurangnya perkembangan tanaman, dan penurunan hasil panen. Begitu juga dengan kelebihan curah hujan. Kelebihan air merupakan faktor pembatas yang signifikan dalam budidaya cabai karena tanaman ini sangat rentan terhadap genangan air dan aerasi tanah yang adalahburuk .Faktor pembatas yang signifikan dalam budidaya cabai adalah kerentanan tanaman yang tinggi terhadap genangan air dan aerasi tanah yang buruk . Upaya perbaikan yang dapat dilakukan meliputi pembangunan drainase, pembuatan bedengan tinggi, penggunaan mulsa plastik, pengelolaan penyakit akar, serta perbaikan struktur tanah dengan bahan organik. Demo & Bogale, (2024); Nangia & Oweis, (2016) mengemukakan bahwa Kekurangan atau kelebihan air hujan dapat diatasi dengan mengurangi ketersediaan udara meliputi pemasangan irigasi tambahan , pengumpulan air hujan, dan penggunaan mulsa atau penutup tanah untuk menjaga kelembapan tanah. Kombinasi dari tindakan-tindakan ini dapat meningkatkan kelas kesesuaian lahan yang sebenarnya dan mendukung produktivitas cabai yang Kombinasi dari tindakan-tindakan ini dapat merubah kelas kesesuaian lahan dan mendukung produktivitas cabai yang optimal .

Faktor Bahaya erosi (eh)

Bahaya erosi menjadi pembatas utama pada lahan berlereng dan lahan dengan penutup vegetasi rendah. Proses erosi menyebabkan hilangnya lapisan topsoil yang kaya bahan organik dan unsur hara, sehingga menurunkan produktivitas dan mempercepat degradasi lahan. Erosi dapat menurunkan kesuburan dan produktivitas tanah, sehingga mengurangi kemampuan lahan dalam mendukung produksi pertanian serta berdampak pada kualitas kehidupan. (Sastro et. all. 2025). Lahan dengan bahaya erosi tinggi perlu dikendalikan melalui kombinasi tindakan konservasi seperti terasering, budidaya sejajar kontur, dan penggunaan tanaman penutup tanah (Ahmad et al., 2020). Tanaman penutup tanah juga membantu mengurangi limpasan serta memperbaiki struktur dan kesehatan tanah dalam jangka panjang (Quintarelli et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan konservasi lahan menjadi langkah penting agar lahan tetap dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan.

Faktor ketersediaan hara (na)

Ketersediaan nitrogen sering menjadi pembatas utama karena kekurangannya dapat menghambat pertumbuhan tanaman, sedangkan pemupukan yang tidak tepat dapat menimbulkan kehilangan hara

dan dampak lingkungan. Grandy et al. (2022) menjelaskan bahwa dinamika nitrogen dipengaruhi oleh interaksi tanaman, mikroorganisme, dan bahan organik tanah. Oleh karena itu, pemupukan terpadu yang mengombinasikan pupuk organik dan anorganik direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi hara dan memperbaiki kualitas tanah (Frontiers in Sustainable Food Systems, 2023).

Faktor retensi hara (nr)

Retensi hara menggambarkan kapasitas tanah dalam mengikat unsur hara melalui proses jerapan, sehingga kehilangan hara akibat pencucian dapat diminimalkan. Tanah dengan KTK dan bahan organik rendah biasanya memiliki retensi hara yang lemah. Biochar dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan hara, meskipun efektivitasnya bergantung pada jenis biochar dan kondisi tanah (Omokaro et al., 2025; Antonangelo et al., 2024). Selain itu, pemupukan organik juga membantu memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan (Elrys et al., 2024).

Faktor media perakaran (rc)

Media perakaran berkaitan dengan kondisi fisik tanah yang menentukan kemampuan akar menembus dan berkembang. Kedalaman tanah yang dangkal atau adanya lapisan keras dapat membatasi akar dalam menyerap air dan hara. Thorup-Kristensen et al. (2019) menjelaskan bahwa perakaran yang lebih dalam penting untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan memperluas penyerapan hara. Pengolahan tanah secara periodik (intermittent deep tillage) dapat membantu memperbaiki kondisi ini (Zhang et al., 2022), namun membutuhkan waktu lama dan teknologi yang tidak selalu mudah diterapkan oleh petani. Oleh karena itu, faktor pembatas media perakaran umumnya sulit diperbaiki dalam jangka waktu dekat.

Kelas Kesesuaian Lahan Potensial

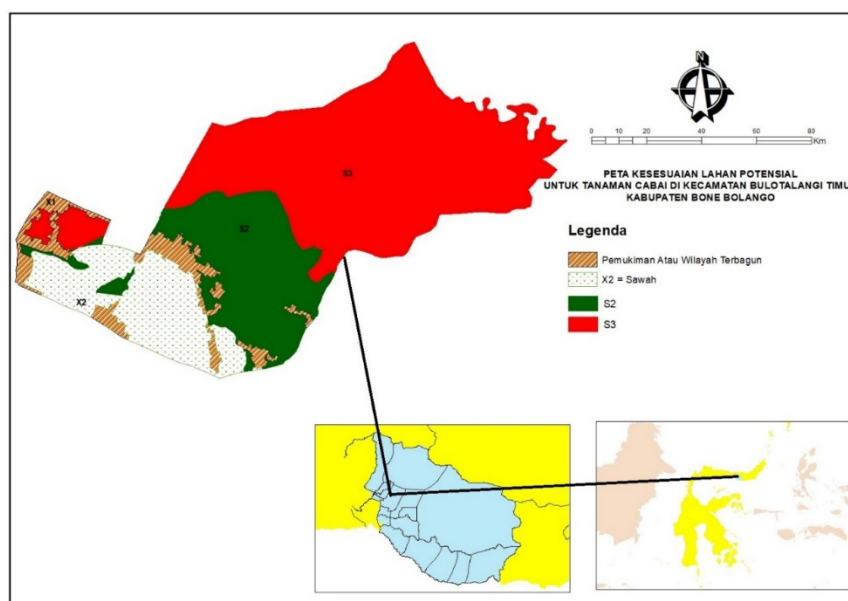
Berdasarkan penjabaran faktor pembatas dan upaya perbaikna maka ada beberapa KKL aktual yang memungkinkan dilakukan perbaikan dan naik satu tingkat kelas kesesuaian lahannya dan menjadi potensial untuk pengembangan tanaman cabai. Namun ada juga kelas yang tidak dapat dilakukan upaya perbaikan dan kelas kesesuaian lahannya tetap. Adapauh hasil analisis kelas kesesuaian lahan potensial ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. KKL potensial untuk pengembangan komoditi Cabai.

Kelas Kesesuaian Aktual	Unit Lahan	Faktor Pembatas	Upaya Perbaikan	Kelas Kesesuaian Lahan Potensial	Luas (Ha)	Persentase (%)
S3wa	BT1	Curah Hujan	Pembuatan Irigasi	S2	32,95	2,67
S3wa,eh	BT3	Curah Hujan dan Bahaya Erosi	Pembuatan Irigasi dan Penggunaan Teknik Konservasi	S2	4,95	0,40
S3wa,na	BT4	Curah Hujan dan Hara Tersedia (N-Total)	Pembuatan Iriagsi dan Pemupukan Berimbang	S2	2,3	0,19
S3wa,na,eh	BT7 dan BT9	Curah Hujan, Hara Tersedia dan Bahaya Erosi	Pembuatan Irigasi, Pemupukan Berimbang dan Penerapan teknik Konservasi	S2	139,94	11,34
S3wa,nr,na	BT8	Curah Hujan, Retensi Hara dan Hara Tersedia	Pembuatan Irigasi, Pemberian Bahan Organik dan Pemupukan Berimbang	S2	84,56	6,85
S3wa,rc	BT5	Curah Hujan dan Kedalaman Tanah	Curah Hujan dapat diperbaiki sedangkan Kedalaman tanah tidak dapat diperbaiki	S3	27,64	2,24

Kelas Kesesuaian Aktual	Unit Lahan	Faktor Pembatas	Upaya Perbaikan	Kelas Kesesuaian Lahan Potensial	Luas (Ha)	Persentase (%)
S3wa,rc,nr,n a	BT6	Curah Hujan, Media Perakaran, Retensi Hara, Hara Tersedia	Media Perakaran (Tekstur) Tidak dapat diperbaiki	S3	3,52	0,29
Neh	BT2, BT10, BT11, BT12, BT13, BT14	Bahaya Erosi	Penerapan Teknik Konservasi	S3	657,7 7	53,28
X1	-	-	-		80,68	6,54
X2	-	-	-		200,15	16,21
Total					1234,46	100

Tabel 3. menunjukkan bahwa KKL potensial tanaman cabai terdiri dari 2 kelas yakni Kelas S2 (Cukup Sesuai) dan S3 (Sesuai Margina). Kelas kesesuaian lahan potensial ini tersebar di semua satuan lahan dimana kelas S3 menjadi kelas yang paling luas dengan 688,93 ha (55,81%) yang tersebar di unit lahan BT2, BT5, BT6, BT10, BT11, BT12, BT13 dan BT14. Sementara kelas S2 memiliki luas sebesar 264,7 (21,44%) yang tersebar di unit lahan BT3, BT4, BT7, BT8 dan BT9. Untuk sebaran spasial kelas kesesuaian lahan potensial ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kelas Kesesuaian Lahan Potensial

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa KKL aktual didominasi oleh kelas N yang tersebar pada unit lahan dengan luasan 657,77 ha (53,28 %) kemudian kelas S3 tersebar pada unit lahan dengan luasan 295,86 ha (23,96 %). Kelas ini memiliki faktor-faktor pembatas seperti ketersediaan air, media perakaran, retensi hara, hara tersedia dan bahaya erosi. Setelah dilakukan upaya perbaikan maka dihasilkan kelas kesesuaian lahan potensial yang terdiri dari dua kelas juga yakni kelas S2 dengan luasan 264,7 (21,44%) dan S3 dengan luasan 688,93 ha (55,81%).

REFERENSI

- Ahmad, N. S. B. N., Mustafa, F. B., Yusoff, S. Y. M., & Didams, G. (2020). A systematic review of soil erosion control practices on agricultural land in Asia. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(2), 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.001>
- Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The science of sustainable agriculture* (3rd ed.). CRC Press.
- Antonangelo, J. A., Culman, S., & Zhang, H. (2024). Comparative analysis and prediction of cation exchange capacity via summation: Influence of biochar type and nutrient ratios. *Frontiers in Soil Science*, 4, 1371777. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1371777>
- Demo, A. H., & Bogale, G. A. (2024). Enhancing crop yield and conserving soil moisture through mulching practices in dryland agriculture. *Frontiers in Agronomy*, 6, 1361697. <https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1361697>
- Dent, D., & Young, A. (1981). *Soil survey and land evaluation*. George Allen & Unwin.
- Elrys, A. S., Chen, S., Kong, M., Liu, L., Zhu, Q., Tang, S., & Müller, C. (2024). Organic fertilization strengthens multiple internal pathways for soil fertility and nitrogen management. *Biology and Fertility of Soils*. <https://doi.org/10.1007/s00374-024-01856-3>
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. FAO Soils Bulletin No. 32.
- FAO. (1983). *Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture*. FAO Soils Bulletin No. 52.
- Frontiers in Sustainable Food Systems. (2023). Integrated nutrient management practices for sustainable soil fertility and crop production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1173258>
- Grandy, A. S., Daly, A. B., Bowles, T. M., & Gaudin, A. C. M. (2022). The nitrogen gap in soil health concepts and fertility measurements. *Soil Biology and Biochemistry*, 175, 108856. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108856>
- Harun, R., Nurdin, N., Nurmi, N., & Rahman, R. (2023). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Padi Sawah (*Oriza sativa* L.) di Kecamatan Pinogu Kabupaten Bone Bolango, Indonesia. *Agroteknika*, 6(2), 138-148. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v6i2.211>
- Malczewski, J. (2015). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(3), 1–23.
- Nangia, V., & Oweis, T. (2016). Supplemental irrigation: A promising climate-resilience practice for sustainable dryland agriculture. In *Innovations in dryland agriculture* (pp. 231–248). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47928-6_20
- Nurdin. (2024). *Teknologi dan perkembangan agribisnis cabai di Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo*. Universitas Negeri Gorontalo
- Nurdin, N., Rahman, R., & Apriliani, S. (2025). Sebaran Spasial Tingkat Kesesuaian Lahan Tanaman Pangan Pada Beberapa Sub Daerah Aliran Sungai (Das) di Kawasan Teluk Tomini Kabupaten Boalemo. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 9(1), 17-34.
- Omokaro, G. O., Kornev, K. P., Nafula, Z. S., & Efeni, O. S. (2025). Biochar for sustainable soil management: Enhancing soil fertility, plant growth and climate resilience. *Frontiers in Agricultural Systems*, 1, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100167>
- Pretty, J. (2020). Sustainable intensification of agriculture. *Nature Sustainability*, 3(1), 10–15.
- Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., & Mancinelli, R. (2022). Cover crops for sustainable cropping systems: A review. *Agriculture*, 12(12), 2076. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122076>

- Reddy, P. P., Kumar, N. K. K., & Varma, A. (2020). Climate change and horticultural crop production. *Scientia Horticulturae*, 261, 108987.
- Ritung, S., Nugroho, K., Mulyani, A., & Suryani, E. (2011). Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian
- Sastro, D. S. P., Rahim, Y., Pulogu, S. I., & Rahman, R. (2025). Prediksi Erosi Menggunakan Metode Usle (Universal Soil Loss Equation) di Kecamatan Pinolosian Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian*, 5(3), 604-612.
- Sitorus, S. R. P., et al. (2018). Land suitability evaluation for agricultural development. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(4), 1357–1366.
- Thorup-Kristensen, K., Halberg, N., Nicolaisen, M., & Olesen, J. E. (2019). Digging deeper for agricultural resources: The value of deep rooting. *Trends in Plant Science*. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.12.007>
- Zhao, Y., Wang, J., & Liu, H. (2024). Potential suitable habitats of chili pepper under climate change scenarios. *Plants*, 13(2), 215.