

KESESUAIAN LAHAN INDUSTRI DENGAN SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION (SMCE) DAN FUZZY LOGIC DI KABUPATEN TABANAN, BALI

Industrial Land Suitability Using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) And Fuzzy Logic In Tabanan Regency, Bali

I Kadek Yoga Dwi Putra^{1,2}, Adi Wibowo¹

¹Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

²Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Email Korespondensi: yogadwiputra04@gmail.com

Received: 08/02/2025 | Revised: 24/02/2025 | Accepted: 06/08/2025

DOI: <https://dx.doi.org/10.31314/jsig.v8i1.4043>

Abstract - Bali's heavy reliance on tourism makes its economy vulnerable to external shocks, such as pandemics or natural disasters. Economic diversification through sustainable industrial development is a strategic effort to enhance Bali's economic resilience. This study aims to assess industrial land suitability in Tabanan Regency using the Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) method and fuzzy logic within a Geographic Information System (GIS) framework. Five key criteria were evaluated: proximity to roads, rivers, settlements, slope gradient, and conservation areas. Results indicate that most of the region is classified as marginally suitable (51.84%) or unsuitable (21.36%), while 26.42% is suitable and only 0.38% is highly suitable for industrial development. One recommended area is Cau Belayu Village in Marga District, which meets technical standards and offers good accessibility. However, further assessments of ecological and social impacts are necessary. This study provides a scientific foundation for sustainable spatial planning in Tabanan, aligned with the Tri Hita Karana philosophy.

Keywords: land suitability, fuzzy logic, SMCE, GIS, Bali

Abstrak – Ketergantungan ekonomi Bali pada sektor pariwisata membuatnya rentan terhadap guncangan eksternal, seperti pandemi atau bencana alam. Diversifikasi ekonomi melalui pengembangan kawasan industri berkelanjutan menjadi langkah strategis untuk meningkatkan resiliensi ekonomi Bali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian lahan industri di Kabupaten Tabanan menggunakan metode *Spatial Multi-Criteria Evaluation* (SMCE) dan logika fuzzy berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Lima kriteria utama yang dianalisis adalah jarak terhadap jalan, sungai, permukiman, kemiringan lereng, dan area konservasi. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah tergolong kurang sesuai (51,84%) atau tidak sesuai (21,36%), sementara 26,42% sesuai, dan hanya 0,38% sangat sesuai untuk pengembangan industri. Salah satu area yang direkomendasikan adalah Desa Cau Belayu di Kecamatan Marga, yang memiliki luasan yang memenuhi standar teknis dan aksesibilitas yang baik. Meski demikian, pengembangan kawasan ini memerlukan kajian lebih lanjut terhadap dampak ekologis dan sosial. Studi ini memberikan landasan ilmiah bagi perencanaan tata ruang yang berkelanjutan di Tabanan, sesuai prinsip Tri Hita Karana.

Kata kunci: kesesuaian lahan; logika fuzzy; SMCE; SIG; Bali



Under the license CC BY-NC-SA 4.0

PENDAHULUAN

Bali telah lama menjadi pusat pariwisata global, dengan sektor ini memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian dan lapangan kerja lokal (Budhi et al., 2022). Namun, ketergantungan yang tinggi pada pariwisata menjadikan ekonomi Bali sangat rentan terhadap guncangan eksternal seperti pandemi COVID-19 dan ancaman terorisme, yang dapat memengaruhi kehidupan masyarakat secara signifikan (Baker & Coulter, 2007; Pambudi et al., 2009). Selain itu, pengembangan pariwisata yang pesat sering kali menimbulkan tantangan tata ruang, seperti alih fungsi lahan, polusi, dan konflik dalam pengelolaan sumber daya alam, yang mengancam keberlanjutan lingkungan dan budaya lokal (Warren & Wardana, 2018; Wardana, 2019). Dalam konteks ini, diversifikasi ekonomi melalui pengembangan sektor industri berkelanjutan menjadi strategi penting untuk mengurangi risiko tersebut, sekaligus mendukung tata ruang yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan.

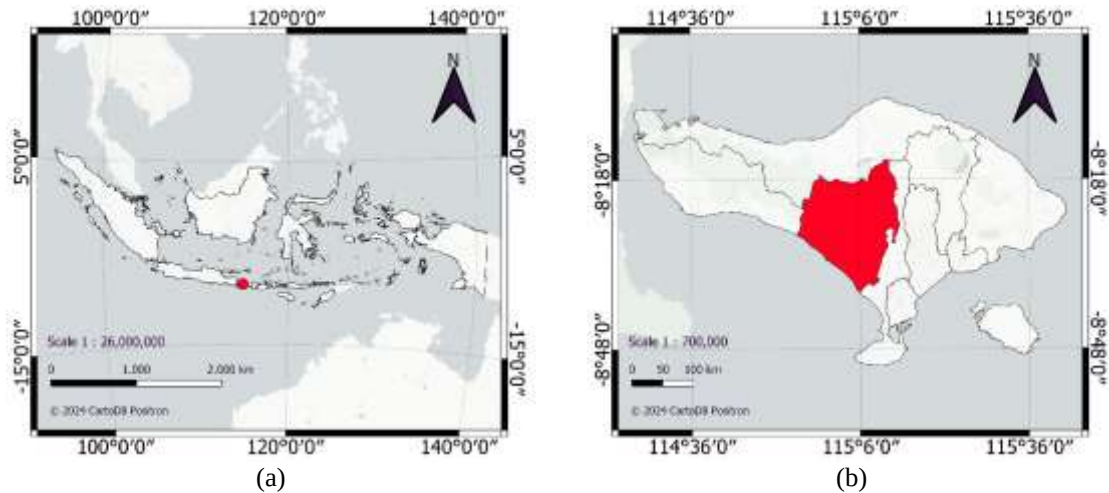
Kabupaten Tabanan sebagai salah satu wilayah agraris di Bali, memiliki potensi besar untuk diversifikasi ekonomi berbasis industri dengan tetap menjaga keseimbangan lingkungan dan budaya lokal melalui konsep Tri Hita Karana (Ellison & Glaeser, 1997). Namun, tekanan alih fungsi lahan akibat pertumbuhan industri dan aktivitas non-pertanian memerlukan perencanaan tata ruang yang cermat untuk mengoptimalkan potensi tersebut (Markusen, 1996). Pendekatan seperti simbiosis industri dapat membantu memanfaatkan limbah sebagai sumber daya lintas industri untuk meningkatkan efisiensi ekonomi sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Music, 2019). Teknologi cerdas dan data resolusi tinggi juga dapat diintegrasikan dalam perencanaan spasial untuk memetakan distribusi industri yang optimal, seperti yang dilakukan di Cina dan Korea (Cai et al., 2010; Sohn, 2014). Hal ini memungkinkan pengelolaan ruang yang lebih strategis dan berorientasi pada keberlanjutan (Scholich, 2008; Camagni, 2017).

Penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* dan SMCE untuk menganalisis kesesuaian lahan industri di Tabanan. Logika *fuzzy* membantu mengelola ketidakpastian dalam parameter spasial seperti jenis tanah, kemiringan, dan aksesibilitas (Reshmidevi et al., 2009; Liu et al., 2013). Sementara itu, SMCE menawarkan kerangka integrasi berbagai kriteria ekonomi, sosial, dan lingkungan (Chabok et al., 2020; Kahsay, 2024). Dengan dukungan GIS, metode ini menghasilkan peta kesesuaian lahan yang dapat menjadi pedoman strategis bagi perencanaan tata ruang berkelanjutan (Bikdeli, 2020; Hatch et al., 2014). Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya mendorong diversifikasi ekonomi dan ketahanan sosial, tetapi juga mendukung keseimbangan ekologi dan budaya, menjadikan Kabupaten Tabanan sebagai model pembangunan industri yang berkelanjutan di Bali.

METODE DAN DATA

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali, Indonesia, yang memiliki luas wilayah sebesar 849,31 km² dan mencakup sekitar 15,19% dari total luas Pulau Bali (BPS, 2022). Berdasarkan data terakhir, Kabupaten Tabanan dihuni oleh sekitar 469.000 jiwa (Pemda Bali, 2022). Secara geografis, Kabupaten Tabanan terletak di bagian barat daya Pulau Bali dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Jembrana di sebelah barat, Kabupaten Badung di sebelah timur, serta Samudera Hindia di sebelah selatan. Kondisi geografis ini menjadikan Tabanan sebagai salah satu wilayah agraris yang strategis dengan potensi pengembangan ekonomi berbasis industri.



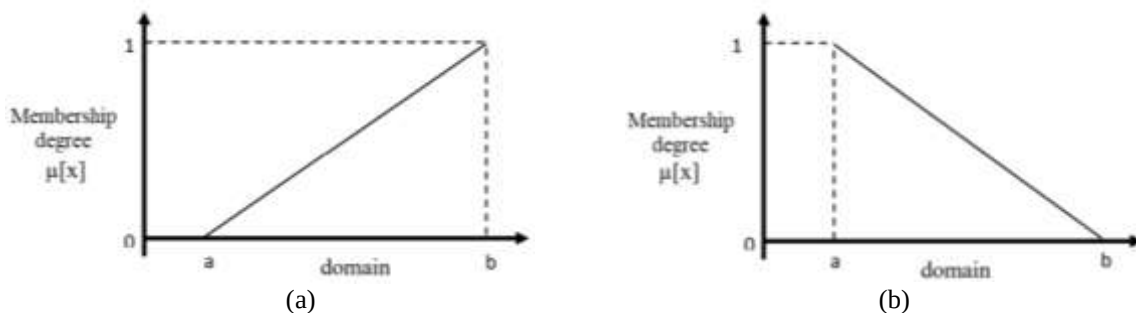
Gambar 1. a) Letak Pulau Bali di kepulauan Indonesia. (b) Batas-batas administratif Kabupaten Tabanan (ditandai dengan warna merah) yang terletak di bagian barat daya Pulau Bali (Sumber: BIG, 2023).

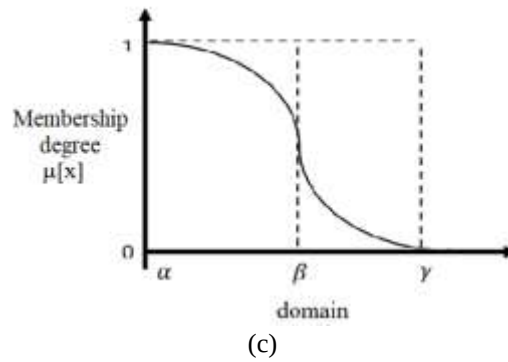
Kabupaten ini memiliki karakteristik topografi yang beragam, mulai dari dataran rendah di wilayah selatan hingga kawasan pegunungan di bagian utara. Struktur tata ruangnya diwarnai oleh konsep tradisional Tri Hita Karana, yang mengutamakan keseimbangan antara manusia, alam, dan spiritualitas. Potensi ini didukung oleh aksesibilitas yang baik dari kawasan pariwisata utama seperti Denpasar dan Kabupaten Badung, sehingga Tabanan memiliki daya tarik untuk pengembangan sektor industri berbasis keberlanjutan.

Secara spasial, lokasi penelitian diilustrasikan dalam Gambar 1, yang menunjukkan letak Kabupaten Tabanan dalam konteks kepulauan Indonesia serta batas-batas administratif wilayahnya. Gambar tersebut juga memberikan gambaran distribusi spasial Kabupaten Tabanan di Pulau Bali, dengan penandaan batas administratif yang jelas untuk memudahkan interpretasi data lokasi penelitian.

Penerapan Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan metode komputasi yang dirancang untuk menangani data dengan ketidakpastian dan batas-batas yang tidak jelas (Leung, 2019). Dalam penelitian ini, logika fuzzy diterapkan untuk mengevaluasi kesesuaian lahan industri dengan mempertimbangkan kriteria aksesibilitas terhadap jalan, jarak dari sungai dan permukiman, serta kemiringan lereng. Fungsi keanggotaan fuzzy digunakan untuk mengonversi nilai-nilai numerik dari setiap variabel menjadi nilai kesesuaian dalam skala 0 hingga 1. Gambar 2 menunjukkan tiga fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan, yakni linier pertumbuhan (Gambar 2a), linear penyusutan (Gambar 2b), dan sigmoid penyusutan (Gambar 2c).





Gambar 2. Tiga jenis fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini: (a) linier pertumbuhan, (b) linier penyusutan, dan (c) sigmoid penyusutan (Sumber: Rizaldi et al, 2023).

Pada variabel jarak dari sungai dan permukiman, fungsi keanggotaan linear increasing diterapkan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2a. Fungsi ini direpresentasikan dengan parameter a dan b , di mana a menunjukkan batas minimum (nilai keanggotaan nol), dan b menunjukkan batas maksimum (nilai keanggotaan satu). Dengan pendekatan ini, semakin jauh suatu lokasi dari sungai atau permukiman, nilai kesesuaiannya meningkat secara linear. Hal ini mencerminkan pentingnya menjaga jarak yang memadai untuk mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem dan menghindari gangguan terhadap penduduk.

$$\mu[X] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Sebaliknya, untuk variabel aksesibilitas terhadap jalan, digunakan fungsi keanggotaan linear decreasing sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 2b. Dalam fungsi ini, parameter a dan b merepresentasikan batas maksimum dan minimum secara berurutan, di mana nilai keanggotaan satu diberikan pada lokasi yang sangat dekat dengan jalan (parameter a), dan nilai keanggotaan menurun hingga nol pada lokasi yang jauh dari jalan (parameter b). Pendekatan ini menegaskan pentingnya konektivitas infrastruktur dalam mendukung aktivitas industri.

$$\mu[X] = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ \frac{(a-x)}{(a-b)} & a \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Sementara itu, untuk variabel kemiringan lereng, digunakan fungsi keanggotaan sigmoid penyusutan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2c. Fungsi ini melibatkan tiga parameter: a , b , dan c . Parameter a merepresentasikan nilai kemiringan yang sangat landai (nilai keanggotaan satu), sedangkan c menunjukkan kemiringan yang sangat curam (nilai keanggotaan nol). Parameter b berfungsi sebagai titik transisi antara landai dan curam, mencerminkan perubahan nilai keanggotaan yang lebih halus pada rentang tertentu. Fungsi sigmoid memberikan fleksibilitas dalam memodelkan hubungan non-linear antara kemiringan lereng dan kesesuaian lahan industri.

$$\mu[X] = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{c-x}{c-a} \right)^2 & a \leq x \leq b \\ 2 \left(\frac{c-x}{c-a} \right)^2 & b \leq x \leq c \\ 0 & x \geq c \end{cases} \quad (3)$$

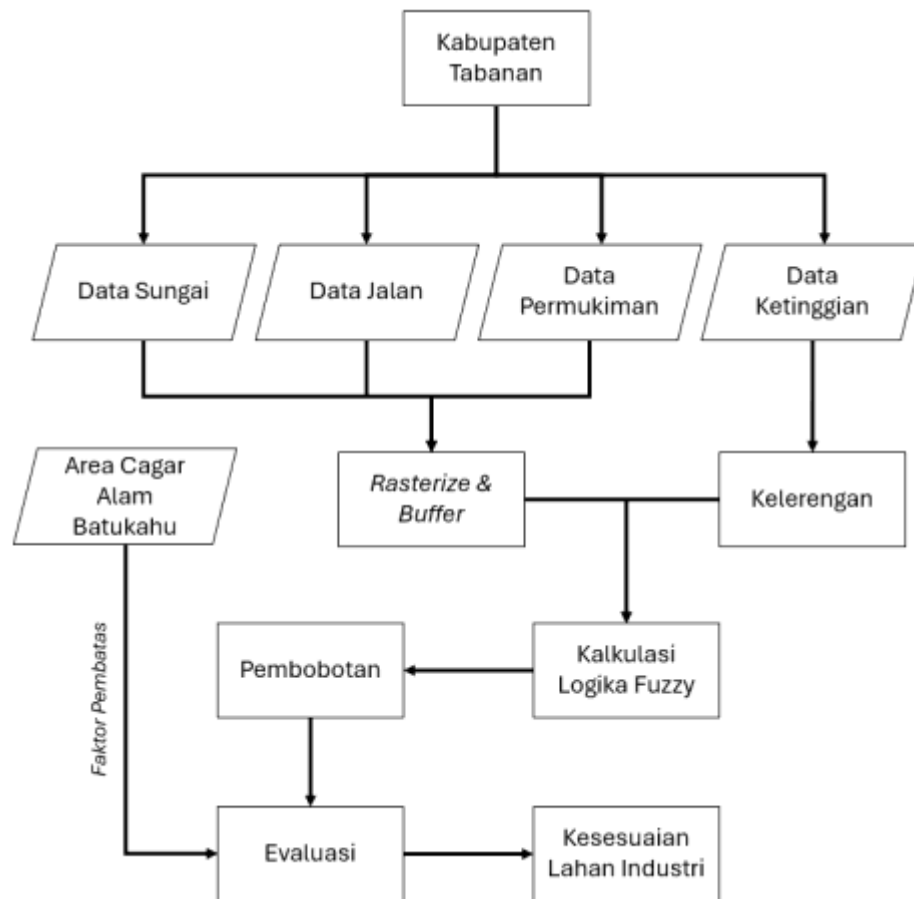
Dengan pendekatan ini, logika *fuzzy* memungkinkan evaluasi yang lebih realistis terhadap berbagai parameter yang memengaruhi kesesuaian lahan. Melalui fungsi keanggotaan yang fleksibel, metode ini mampu mengintegrasikan berbagai variabel spasial dan lingkungan secara terpadu, menghasilkan keputusan tata ruang yang lebih akurat dan berorientasi pada keberlanjutan (Guillaume et al., 2020).

Variabel dan Alur Penelitian

Penelitian ini menerapkan SMCE untuk secara sistematis mengevaluasi dan memprioritaskan opsi-opsi spasial. SMCE menggabungkan berbagai kriteria ke dalam proses pengambilan keputusan dengan memanfaatkan SIG sebagai kerangka analisis terstruktur untuk menilai data spasial. Proses ini mencakup langkah-langkah utama seperti mendefinisikan kriteria, menetapkan bobot untuk menunjukkan tingkat kepentingan masing-masing, dan menggabungkan bobot tersebut guna mengevaluasi alternatif. Pendekatan ini terbukti sangat berguna untuk perencanaan penggunaan lahan, pengelolaan lingkungan, dan alokasi sumber daya melalui analisis skenario spasial yang menyeluruh (Radmehr & Araghinejad, 2015).

Diagram alir dalam Gambar 3 menunjukkan langkah-langkah metodologi dari tahap awal hingga evaluasi akhir. Dalam kerangka ini, tahapan awal dimulai dengan identifikasi variabel kunci yang relevan, seperti jarak dari jalan, sungai, dan pemukiman, serta kemiringan lereng dan area konservasi. Selanjutnya, data spasial diproses melalui teknik rasterisasi dan *buffering* untuk mengelola format spasial, seperti pada data sungai, jalan, dan pemukiman. Proses ini memungkinkan setiap variabel dianalisis secara spasial sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Integrasi logika *fuzzy* dalam SMCE memberikan kemampuan tambahan untuk mengelola variabilitas spasial yang kompleks serta kriteria yang tidak pasti, menghasilkan hasil yang lebih presisi dan berkelanjutan (Şalap-Ayça & Jankowski, 2016). Dengan menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy*, nilai setiap variabel dihitung dan ditransformasi menjadi indeks kesesuaian yang menggambarkan tingkat kesesuaian suatu lahan untuk kegiatan industri. Setiap variabel ini kemudian diberikan bobot berdasarkan tingkat kepentingannya, yang dalam penelitian ini disamaratakan pada 20%. Proses ini bertujuan untuk mencerminkan pengaruh yang setara antar-variabel dalam menentukan kesesuaian lahan.

Dalam penelitian ini, SIG juga digunakan untuk menggabungkan output logika *fuzzy* dengan variabel pembatas, yaitu area konservasi Cagar Alam Batukahu. Variabel pembatas ini dimasukkan untuk mengevaluasi keberlanjutan lingkungan dalam konteks perencanaan wilayah. Proses akhir melibatkan agregasi nilai-nilai kesesuaian untuk menghasilkan peta kesesuaian lahan industri yang komprehensif. Dengan pendekatan SMCE yang didukung SIG dan logika *fuzzy*, penelitian ini mampu mengelola tantangan spasial secara sistematis dan adaptif, memastikan keputusan yang lebih akurat dan berkelanjutan (Şalap-Ayça & Jankowski, 2016).



Gambar 3. Alur kerja penelitian.

Tabel 1 menjelaskan lima variabel yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan industri di Kabupaten Tabanan. Setiap variabel dirancang berdasarkan kriteria tertentu dengan mengacu pada sumber-sumber resmi dan literatur relevan. Nilai parameter seperti a , b , dan c dalam tabel mewakili titik awal, titik akhir, atau batas toleransi sesuai fungsi keanggotaan *fuzzy*. Misalnya, jarak dari jalan menggunakan nilai $a=0$ dan $b=250$ m, yang menunjukkan bahwa lahan yang lebih dekat ke jalan memiliki tingkat kesesuaian lebih tinggi karena aksesibilitas menjadi variabel penting. Untuk variabel jarak dari sungai, nilai $a=3$ m dan $b=100$ m dipilih berdasarkan aturan yang mendukung pengurangan risiko banjir dan konservasi ekosistem sungai. Sementara itu, jarak dari permukiman diatur dengan $a=0$ dan $b=2$ km untuk memastikan area industri tidak mengganggu kenyamanan warga. Kemiringan lereng menggunakan parameter $a=0$, $b=7.5\%$, dan $c=15\%$, menunjukkan bahwa lahan dengan kemiringan lebih rendah lebih cocok untuk pengembangan infrastruktur industri.

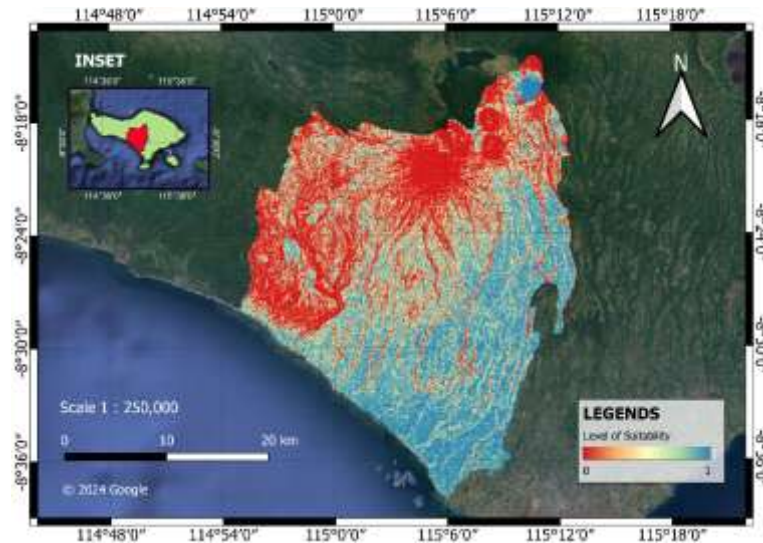
Tabel 1. Variabel dan kriteria untuk kesesuaian lahan industri.

No	Variabel	Kriteria	Sumber
1	Jarak dari Jalan	$a=0$, $b=250$ m	(Nurhuda et al., 2020)
2	Jarak dari Pemukiman	$a=0$, $b=2$ km	Permen 40/M-IND/PER/6/2016
3	Jarak dari Sungai	$a=3$, $b=100$ m	Permen PUPR 28/PRT/M/2015
4	Kelerengan	$a=0$, $b=7.5\%$, $c=15\%$	Permenperin No. 30 Tahun 2020
5	Area Cagar Alam	Berdasarkan RTRW	Perda Bali No 2. Tahun 2023

Area cagar alam ditetapkan sebagai variabel pembatas dengan mengacu pada RTRW Provinsi Bali yang tertuang dalam Perda Bali No 2. Tahun 2023, memastikan bahwa perencanaan lahan industri tidak melanggar batasan konservasi. Keseluruhan variabel ini diproses menggunakan logika *fuzzy* untuk menghasilkan indeks kesesuaian yang dapat digabungkan ke dalam peta kesesuaian lahan, mendukung perencanaan wilayah yang komprehensif dan berkelanjutan.

Tabel 1 dan diagram alur pada Gambar 3 memberikan ilustrasi yang jelas tentang variabel

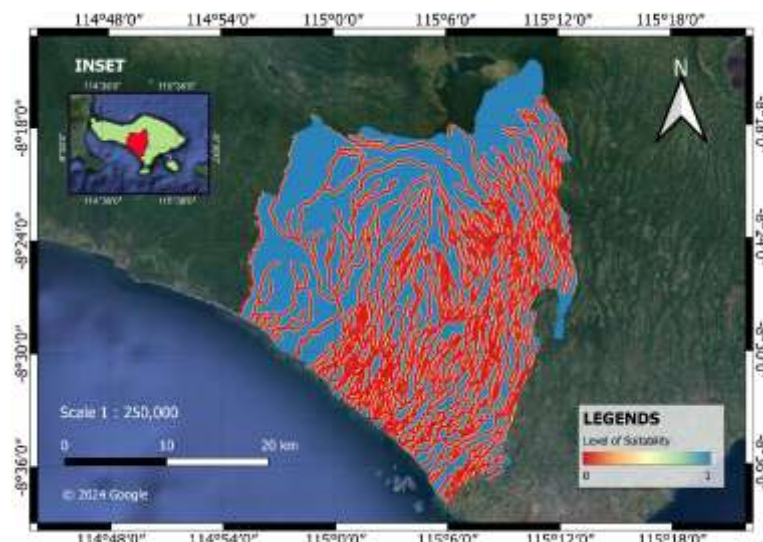
penelitian serta langkah-langkah utama dalam metodologi. Pendekatan ini memastikan setiap keputusan berbasis data yang sistematis dan terintegrasi.



Gambar 4. Kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan tingkat kemiringan lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

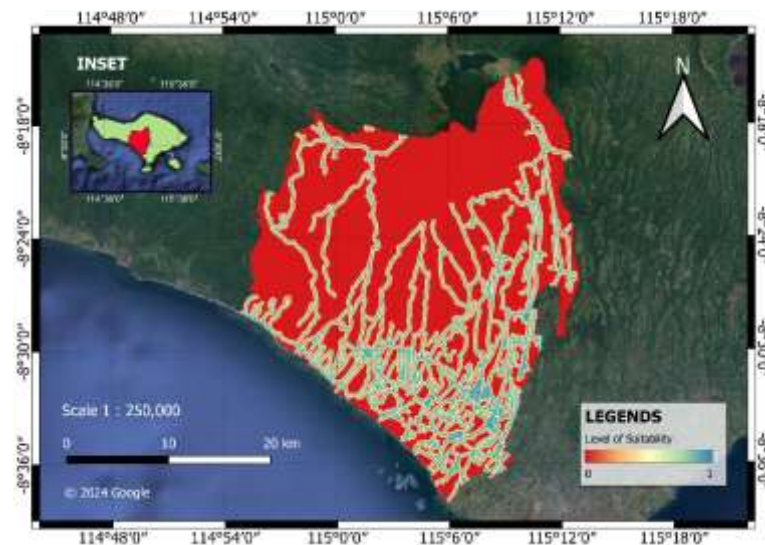
Kemiringan lereng merupakan salah satu kriteria alami yang harus dipertimbangkan dalam menganalisis kesesuaian lahan untuk industri. Distribusi spasial dari kesesuaian lahan berdasarkan kemiringan lereng diperoleh dari kalkulasi menggunakan logika *fuzzy* sehingga menghasilkan persebaran kesesuaian secara spasial yang lebih fleksibel. Logika *fuzzy* dengan tipe simoid penyusutan digunakan karena sifat kemiringan lereng yang semakin curam semakin tidak layak mengingat potensi erosi juga akan meningkat secara non-linier (Sinaga, 2014). Hasil perhitungan kesesuaian lahan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kesesuaian lahan yang tinggi hanya terjadi pada wilayah Tabanan bagian timur hingga selatan, karena sebelah utara terdapat Gunung Batukaru, Gunung Sanghyang, dan Gunung Adeng yang disakralkan penduduk setempat. Sebelah barat terdapat sungai-sungai dengan lembahnya yang dalam sehingga memberikan skor rendah pada kesesuaian lahannya.



Gambar 5. Kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan jarak terhadap sungai.

Kriteria alami kedua yang mempengaruhi kesesuaian lahan industri adalah keberadaan sungai. Kawasan industri sebaiknya diberikan jarak sejauh 2 km dari sungai untuk menghindari terjadinya pencemaran sungai oleh kegiatan industri berdasarkan Permen PUPR 28/PRT/M/2015 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau. Di Kabupaten Tabanan, persebaran kesesuaian dengan nilai rendah justru banyak terdapat di

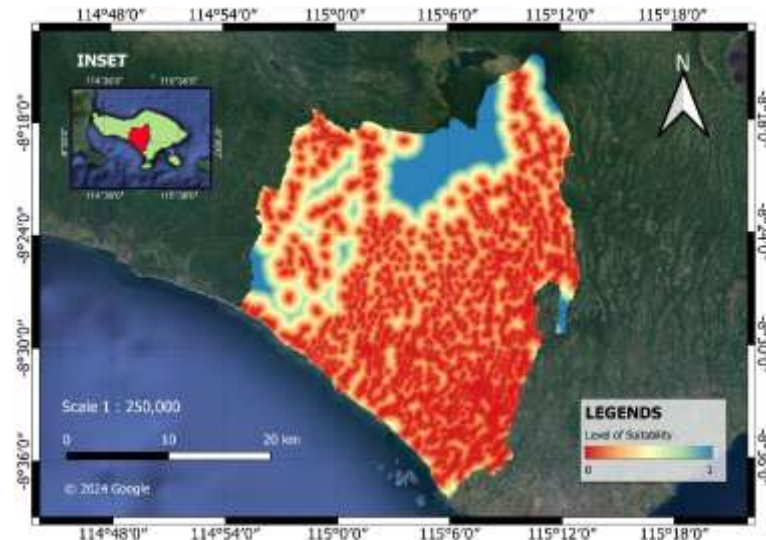
wilayah timur hingga selatan. Uniknya, persebaran ini berbanding terbalik dengan analisis kelerengan. Hal ini menjadi indikator awal bahwa secara alami, wilayah Kabupaten Tabanan secara umum tidak mendukung adanya kawasan industri berdasarkan indikator-indikator yang ada. Namun, terdapat sebuah wilayah yang mencolok di sebelah timur memiliki nilai kesesuaian yang tinggi, baik dari kriteria sungai, maupun kemiringan lereng.



Gambar 6. Kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan jarak terhadap jalan.

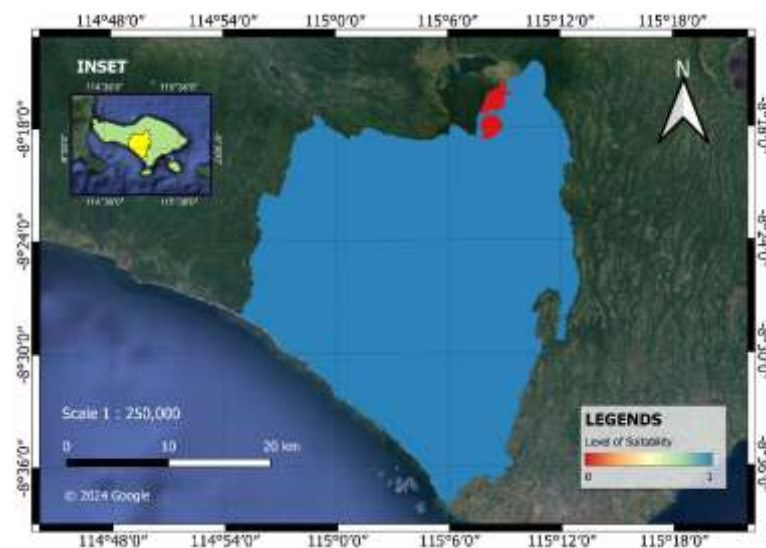
Jalan merupakan salah satu kriteria yang terpenting dalam penentuan lahan untuk industri karena berkaitan dengan akses logistik, transportasi, dan mendukung rantai pasok. Jarak ideal yang digunakan didasarkan pada penelitian Nurhuda et al (2020) yang menetapkan batasan penurunan kesesuaian lahan untuk industri yang bernilai 1 di jarak 0 hingga bernilai 0 di jarak 250 meter dan seterusnya dari jalan. Kategori jalan yang digunakan dalam analisis ini adalah jalan provinsi, jalan kabupaten, hingga jalan arteri. Gambar 6 menunjukkan hasil persebaran spasial kesesuaian lahan industri ketika dikaitkan dengan keberadaan jalan di Tabanan. Jaringan jalan terlihat sangat padat di wilayah bagian tenggara, karena berkaitan dengan akses ke pusat Provinsi Bali yaitu Kota Denpasar. Bagian utara Tabanan terlihat tidak tercakup jaringan jalan karena merupakan tutupan hutan serta terdapat Cagar Alam Batukaru disana.

Kriteria yang digunakan dalam analisis selanjutnya adalah permukiman. Potensi kebisingan dan polusi suara maupun udara dari kegiatan industri dapat memberikan dampak yang kurang baik bagi masyarakat di permukiman terdekat. Menggunakan standar dari Peraturan Menteri Perindustrian 40/M-IND/PER/6/2016 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri, jarak yang aman untuk pembangunan kawasan industri dari permukiman adalah 2 km. Oleh sebab itu, standar ini digunakan dalam perhitungan logika *fuzzy* dan memberikan hasil secara spasial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Namun, pola distribusi ini berbanding terbalik dengan kriteria jarak terhadap jalan, sehingga keduanya saling meniadakan pada sebagian besar wilayah. Pola ini saling meniadakan dan serupa dengan parameter kemiringan lereng dan sungai.



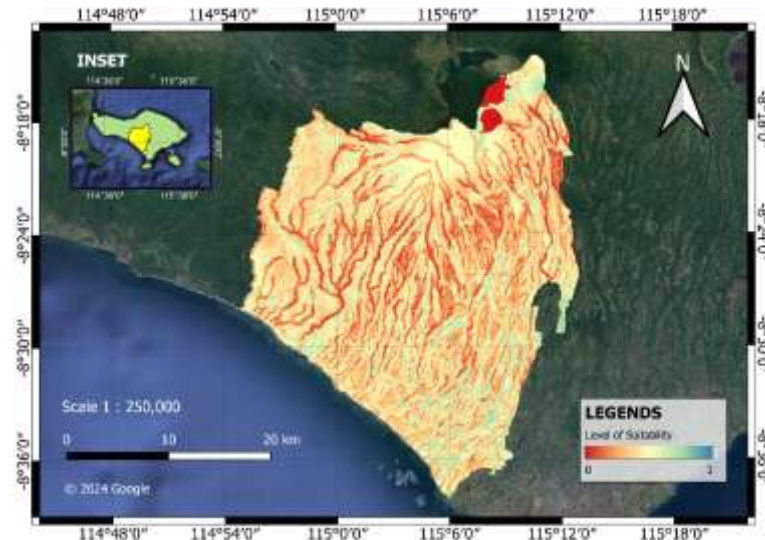
Gambar 7. Kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan jarak terhadap permukiman.

Dari lima kriteria yang digunakan untuk analisis kesesuaian lahan untuk industri di Tabanan ini, wilayah Cagar Alam Batukahu merupakan satu-satunya kriteria yang menjadi pembatas dengan tujuan untuk menjaga ekosistem dan keanekaragaman hayati. Kriteria ini juga telah mengikuti peraturan yang diterbitkan dalam Peraturan Daerah Bali No 2. Tahun 2023 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Bali Tahun 2023-2043 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Wilayah Cagar Alam ini akan otomatis diberikan nilai 0 dalam perhitungan akhir untuk kesesuaian lahan nantinya.



Gambar 8. Kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan kriteria penghambat (*constraint*) yaitu lokasi Cagar Alam Batukahu.

Setelah semua nilai kesesuaian untuk masing-masing kriteria telah dikalkulasi, selanjutnya perhitungan akhir dilakukan dengan memberikan bobot yang setara sebesar 20% untuk masing-masing variabel. Secara spasial, hasil perhitungan akhir diperlihatkan pada Gambar 9. Secara umum, wilayah Tabanan memperlihatkan warna kesesuaian kuning cenderung merah yang menandakan tingkat kesesuaian yang sangat rendah.



Gambar 9. Hasil tingkat kesesuaian lahan untuk industri di Kabupaten Tabanan berdasarkan keseluruhan kriteria yang dianalisis.

Hal ini didukung oleh hasil perhitungan luasan pada Tabel 2 yang menunjukkan tingkat kesesuaian berdasarkan kelas dan klasifikasi lahan. Kelas S1 merupakan kelas yang paling sesuai dengan klasifikasi sangat sesuai dengan rentang nilai 0,75-1. Untuk kelas dengan nilai terendah yaitu 0-0,25 diberikan kelas N dengan klasifikasi tidak sesuai. Hasil menunjukkan bahwa secara umum, di Kabupaten Tabanan, wilayah yang termasuk kelas S3 atau kurang sesuai untuk lahan industri mendominasi hingga mencapai 51,84% atau 44.065,97 hektar. Tingkat kelas tertinggi yaitu S1 hanya mendapatkan luasan sebesar 323,83 hektar atau hanya 0,38% dari keseluruhan luas Tabanan.

Tabel 2. Klasifikasi kesesuaian lahan untuk industri berdasarkan kelas kesesuaian dan luasan area dalam satuan hektar.

Kelas	Nilai	Klasifikasi	Area (ha)	% Luasan
S1	0,75-1	Sangat Sesuai	323,83	0,38%
S2	0,5-0,75	Sesuai	22.459,34	26,42%
S3	0,25-0,5	Kurang Sesuai	44.065,97	51,84%
N	0-0,25	Tidak Sesuai	18.159,25	21,36%

Namun, jika ditinjau kembali secara spasial pada Gambar 9, terdapat area menonjol ke arah selatan seluas 370 hektar dengan rentang nilai kesesuaian kelas S2 (0,5-0,75). Luasan ini sudah memenuhi kriteria teknis terkait luasan dari Permenperin No. 30 Tahun 2020 Tentang Kriteria Teknis Kawasan Peruntukan Industri yaitu paling sedikit 50 hektar. Wilayah ini merupakan Desa Cau Belayu, yang terletak di Kecamatan Marga. Namun, daerah ini merupakan salah satu desa wisata dengan daya tarik persawahan dan arung jeram yang cukup terkenal. Hal ini tentu menjadi faktor serius yang harus dipertimbangkan dengan matang sebelum memutuskan daerah ini menjadi kawasan industri.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, bobot kriteria yang digunakan dalam analisis diberi nilai yang sama (20%) untuk setiap variabel. Hal ini mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan pengaruh relatif masing-masing kriteria terhadap kesesuaian lahan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis bobot menggunakan metode AHP atau teknik pembobotan lainnya untuk meningkatkan akurasi. Kedua, penelitian ini menggunakan data dari BIG skala 1:25.000 dan SRTM resolusi 30 meter, yang mungkin kurang optimal untuk analisis wilayah kecil atau yang memerlukan detail lebih tinggi. Penggunaan data dengan resolusi lebih tinggi dapat meningkatkan ketelitian hasil analisis.

Bagi pengambil kebijakan, hasil penelitian ini memberikan gambaran awal yang penting untuk perencanaan tata ruang dan pengembangan kawasan industri di Kabupaten Tabanan. Wilayah dengan kesesuaian moderat, seperti Desa Cau Belayu, dapat dipertimbangkan dengan mempertimbangkan nilai ekonomi, sosial, dan lingkungan. Diversifikasi ekonomi perlu dipertimbangkan agar pembangunan industri tidak mengorbankan potensi wisata yang menjadi

kekuatan utama Kabupaten Tabanan. Kajian lebih lanjut mengenai dampak sosial dan lingkungan juga perlu dilakukan sebelum mengambil keputusan akhir.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengidentifikasi tingkat kesesuaian lahan industri di Kabupaten Tabanan, Bali, menggunakan metode SMCE dan logika *fuzzy* berbasis SIG. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan lima kriteria utama, yaitu jarak terhadap jalan, jarak dari sungai, jarak dari permukiman, kemiringan lereng, dan area konservasi. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah di Kabupaten Tabanan tergolong kurang sesuai (51,84%) atau tidak sesuai (21,36%) untuk pengembangan kawasan industri. Wilayah yang sangat sesuai (0,38%) atau sesuai (26,42%) tersebar di area dengan karakteristik geografis yang mendukung, seperti Desa Cau Belayu di Kecamatan Marga. Namun, wilayah ini memiliki nilai ekologi dan pariwisata yang signifikan, yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan lanjutan. Pendekatan integratif yang digunakan memungkinkan pengelolaan ketidakpastian parameter spasial secara lebih fleksibel, menghasilkan peta kesesuaian lahan yang komprehensif. Namun, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, termasuk penggunaan bobot kriteria yang seragam dan data resolusi menengah, yang dapat memengaruhi akurasi hasil. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dengan analisis bobot berbasis AHP dan data resolusi tinggi direkomendasikan untuk mendukung keputusan tata ruang yang lebih presisi. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengambilan keputusan strategis dalam pengembangan kawasan industri berkelanjutan di Kabupaten Tabanan. Integrasi aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan tetap menjadi prioritas utama dalam memastikan pembangunan yang harmonis sesuai dengan prinsip Tri Hita Karana.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). Luas daerah dan jumlah pulau menurut kabupaten/kota di Provinsi Bali, 2022 (Diterbitkan pada 21 Februari 2023). BPS.
- Badan Informasi Geospasial. (2023). Data spasial wilayah Indonesia. Diakses melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/> pada 21 Desember 2024.
- Baker, K., & Coulter, A. (2007). Terrorism and tourism: The vulnerability of beach vendors' livelihoods in Bali. *Journal of Sustainable Tourism*. <https://doi.org/10.2167/jost643.0>.
- Bikdeli, S. (2020). Redevelopment modeling for land suitability evaluation of the suburb brown-fields using fuzzy logic and GIS, northeastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.2167/10.1007/s10668-019-00473-7>
- Budhi, M.K.S., Lestari, N.P.N.E., & Suasih, N.N.R. (2022). The recovery of the tourism industry in Bali Province through the Penta-Helix collaboration strategy in the new normal era. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. <https://doi.org/10.30892/GTG.40120-816>
- Cai, D., Teng, L., Lin, Z., & Haofeng, D. (2010). Industrial landscape analysis with high spatial resolution grid in GIS. *2nd International Conference on Information Science and Engineering*. <https://doi.org/10.4337/10.1109/ICISE.2010.5689780>
- Camagni, R. (2017). Integrated spatial planning: Why and how? *Seminal Studies in Regional and Urban Economics*. https://doi.org/10.4337/10.1007/978-3-319-57807-1_19
- Chabok, M., Asakereh, A., Bahrami, H., & Jaafarzadeh, N.O. (2020). Selection of MSW landfill site by fuzzy-AHP approach combined with GIS: case study in Ahvaz, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.2167/10.1007/s10661-020-08395-y>
- Ellison, G., & Glaeser, E.L. (1997). Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: A dartboard approach. *Journal of Political Economy*. <https://doi.org/10.4337/10.1086/262098>
- Guillaume, S., Bates, T., Lablée, J.-L., & Taylor, J. (2020). Combining spatial data layers using fuzzy inference systems: Application to an agronomic case study. *GISTAM Proceedings*. ISBN: 978-989758425-1.
- Hatch, K., Dragičević, S., & Dujmović, J. (2014). Logic scoring of preference and spatial multicriteria evaluation for urban residential land use analysis. *Lecture Notes in Computer Science*. https://doi.org/10.2167/10.1007/978-3-319-11593-1_5

- Kahsay, A. (2024). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Land Suitability Evaluation for Faba Bean Crop. *Agricultural Research*. <https://doi.org/10.2167/10.1007/s40003-024-00812-9>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40/M-IND/PER/6/2016 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri*.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 30 Tahun 2020 tentang Kriteria Teknis Kawasan Peruntukan Industri*.
- Leung, Y. (2019). Fuzzy Set and Fuzzy Logic. *International Encyclopedia of Human Geography*, Second Edition. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10380-4>.
- Liu, Y., Jiao, L., Liu, Y., & He, J. (2013). A self-adapting fuzzy inference system for the evaluation of agricultural land. *Environmental Modelling and Software*. <https://doi.org/10.2167/10.1016/j.envsoft.2012.09.013>
- Lou, H.H., Smith, R.A., Singh, A., & Yaws, C.L. (2005). Analysis of a petrochemical and chemical industrial zone for the improvement of sustainability. *AIChE Annual Meeting Conference Proceedings*. ISBN: 0816909962, 978-081690996-4
- Markusen, A.R. (1996). Sticky places in slippery space: A typology of industrial districts. *Economic Geography*. <https://doi.org/10.4337/10.2307/144402>
- Music, B. (2019). Urban Planning and Industrial Symbiosis in Slovenia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.4337/10.1088/1757-899X/471/11/112084>
- Nurhuda, A., Kurniawansyah, A., R, C. A., & Huda, D. N. (2020). Evaluation of Land Suitability for Industrial Zone in Bekasi Regency, West Java. In *Seminar Nasional Geomatika 2020: Informasi Geospasial Untuk Inovasi Percepatan Pembangunan Berkelanjutan* (pp. 551–560).
- Pambudi, D., McCaughey, N., & Smyth, R. (2009). Computable general equilibrium estimates of the impact of the Bali bombing on the Indonesian economy. *Tourism Management*. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.06.007>
- Pemerintah Daerah Provinsi Bali. (2022). *Laporan pembangunan wilayah Provinsi Bali*. Pemerintah Daerah Bali.
- Pemerintah Daerah Provinsi Bali. (2023). *Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 2 Tahun 2023 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Bali Tahun 2023-2043*.
- Radmehr, A., & Araghinejad, S. (2015). Flood vulnerability Analysis by Fuzzy Spatial multi criteria Decision making. *Water Resources Management*, 29(12), 4427–4445. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1068-x>
- Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.2167/10.1016/j.agry.2009.04.001>
- Rizaldi, A. M., Ridwan, A., Anisa, Y., Salam, R., Intyanto, G. W., Cotfas, D. T., Cuong, V. H., & Udoudom, U. I. (2023). Short-Term forecasting of electricity consumption using fuzzy logic. *Journal of Renewable Energy Electrical and Computer Engineering*, 3(2), 44. <https://doi.org/10.29103/jreece.v3i2.11281>
- Şalap-Ayça, S., & Jankowski, P. (2016). Integrating local multi-criteria evaluation with spatially explicit uncertainty-sensitivity analysis. *Spatial Cognition and Computation*, 16(2), 106–132. <https://doi.org/10.1080/13875868.2015.1137578>
- Scholich, D. (2008). The role of spatial planning in society. *Raumforschung und Raumordnung*. <https://doi.org/10.4337/10.1007/BF03183148>
- Serova, E. (2020). Intelligent Technologies and Systems for Spatial Industrial Strategic Planning. *Studies in Computational Intelligence*. https://doi.org/10.4337/10.1007/978-3-030-32258-8_48
- Shi, Y., Li, J., Li, B., & Hang, T. (2022). A New Approach to Evaluate the Integrated Development of City and Industry. *Buildings*. <https://doi.org/10.4337/10.3390/buildings12111851>
- Sinaga, J. (2014). ANALISIS POTENSI EROSI PADA PENGGUNAAN LAHAN DAERAH

- ALIRAN SUNGAI SEDAU DI KECAMATAN SINGKAWANG SELATAN. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1). <https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.7306>
- Sohn, J. (2014). Industry classification considering spatial distribution of manufacturing activities. *Area*. <https://doi.org/10.4337/10.1111/area.12064>
- Wardana, A. (2019). Contemporary Bali: Contested Space and Governance. *Asian Journal of Comparative Law*. <https://doi.org/10.1515/asjcl-2014-0030>
- Warren, C., & Wardana, A. (2018). Sustaining the unsustainable? Environmental impact assessment and overdevelopment in Bali. *Asia Pacific Journal of Environmental Law*. <https://doi.org/10.4337/apjel.2018.02.02>
- Zaragoza, A. (2010). Closed circuit for a sustainable industry, cement sector contribution. *Informes de la Construcción*. <https://doi.org/10.4337/10.3989/ic.08.046>