

Analisis Spasial dan Biogeofisik dalam Pemilihan Lokasi Kebun Benih: Studi Kasus PT. ITCI Kalimantan Timur

(Spatial and Biogeophysical Analysis in Seed Garden Location Selection: Case Study of PT. ITCI East Kalimantan)

Muamar Kadafin^{1*}, Imam Syaukani², Akbar Al Imam³

¹Magister Ilmu Pengelolaan Hutan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Jl. Lingkar Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

²Program Studi Teknik Sistem Energi, Fakultas Rekayasa Sistem, Universitas Teknologi Sumbawa

³Master Of Science in Environmental Technology, University Teknologi Mara, Malaysia

Article history

Received: 13-1-2025

Revised: 29-3-2025

Accepted: 30-4-2025

*Corresponding Author: Muamar Kadafin, IPB University, email: muamarkadafin23@apps.ipb.ac.id

Abstract. This study aims to determine the potential location of seed gardens in the HPH area of PT ITCI, East Kalimantan, through spatial data analysis based on Geographic Information Systems (GIS). The main data used is the Digital Elevation Model (DEM) which has been converted from the Triangulated Irregular Network (TIN) form to raster for surface analysis purposes. The analysis process includes slope classification into five classes, area cutting (clip), raster data regrouping (reclassify), conversion to polygon form, and spatial overlay using the buffer and intersect functions. The results of the analysis show that areas with gentle slopes (8–15%) dominate the study area with an area of 67,533.45 ha, followed by flat areas (0–8%) covering an area of 20,751.28 ha. Buffer analysis was carried out on rivers (150 meters) and roads (1,000 meters) to limit the management area, then continued with intersect operations to combine spatial variables such as the number of trees, level of stand damage, and administrative boundaries. Based on technical criteria, namely the number of trees more than 30 trees per hectare, minimal damage level, slope less than or equal to 15%, and a minimum area of 2 hectares, 30 land units were obtained that met the requirements as seed garden locations, with areas varying between 2 and 46 hectares. The three selected locations are the result of the integration of all land suitability parameters spatially.

Keywords: Geographic information system, slope gradient, buffer, intersect, seed garden

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi potensial kebun benih di areal HPH PT ITCI, Kalimantan Timur, melalui analisis data spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data utama yang digunakan adalah *Digital Elevation Model* (DEM) yang telah dikonversi dari bentuk *Triangulated Irregular Network* (TIN) ke raster untuk keperluan analisis permukaan. Proses analisis mencakup klasifikasi kemiringan lereng menjadi lima kelas, pemotongan area (clip), pengelompokan ulang data raster (*reclassify*), konversi ke bentuk poligon, serta overlay spasial menggunakan fungsi buffer dan intersect. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan kemiringan lereng landai (8–15%) mendominasi area studi dengan luas 67.533,45 ha, diikuti oleh wilayah datar (0–8%) seluas 20.751,28 ha. Analisis buffer dilakukan terhadap sungai (150 meter) dan jalan (1.000 meter) untuk membatasi area pengelolaan, kemudian dilanjutkan dengan operasi intersect untuk menggabungkan variabel-variabel spasial seperti jumlah pohon, tingkat kerusakan tegakan, dan batas administrasi. Berdasarkan kriteria teknis, yaitu jumlah pohon lebih dari 30 pohon per hektar, tingkat kerusakan minimal, kemiringan lereng kurang dari atau sama dengan 15%, dan luas minimal 2 hektar, diperoleh 30 unit lahan yang memenuhi syarat sebagai lokasi kebun benih, dengan luas bervariasi antara 2 hingga 46 hektar. Tiga lokasi terpilih merupakan hasil integrasi seluruh parameter kesesuaian lahan secara spasial.

Kata Kunci: Sistem informasi geografis, kemiringan lereng, buffer, intersect, kebun benih

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi informasi memberikan pengaruh besar terhadap pemanfaatan teknologi di berbagai bidang. Seiring kemajuan tersebut, banyak riset dilakukan guna mendorong lahirnya penemuan-penemuan baru dalam dunia teknologi. Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Geographic Information System (GIS). SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, menganalisis, serta menampilkan data yang memiliki referensi geografis (Chen et al., 2021; Patel, 2025; Sunny, 2024).

Dalam lima tahun terakhir, penggunaan SIG mengalami perkembangan pesat (Wibowo et al., 2015). Salah satu manfaat utama dari SIG adalah memberikan kemudahan dalam pengambilan keputusan, khususnya yang berkaitan dengan aspek keruangan (spasial), seperti pemetaan lahan di sektor kehutanan (Cammerino et al., 2023; Tahri et al., 2021). Sistem Informasi Geografis terdiri atas lima komponen utama: perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), basis data, sumber daya manusia (brainware), dan metode (Kaliraj et al., 2024; Wartika et al., 2025).

Secara umum, proses dalam SIG mencakup empat tahapan utama. Pertama adalah tahap input data, yang meliputi perencanaan, penentuan tujuan, pengumpulan data, serta proses memasukkan data ke dalam sistem komputer. Tahap kedua adalah pengolahan data, yang melibatkan klasifikasi, stratifikasi, kompilasi, serta geoprocessing seperti clip, merge, dan dissolve. Tahap ketiga adalah analisis data, yang mencakup berbagai analisis keruangan, salah satunya adalah analisis permukaan. Tahap terakhir adalah output data, yaitu penyajian hasil analisis dalam bentuk peta

cetak (hardcopy), tabulasi data, sistem informasi berbasis CD, atau bahkan dalam bentuk situs web (Sekeon et al., 2016).

Berdasarkan tahapan tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis permukaan, meliputi kemiringan lereng (slope), ketinggian permukaan (elevation), dan arah lereng (aspect). Penelitian mengenai pemilihan lokasi kebun benih di areal HPH PT. ITCI – Kalimantan Timur bertujuan untuk melakukan analisis spasial lokasi kebun benih yang sesuai, serta mengetahui luas masing-masing poligon hasil analisis.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian analisis permukaan dilaksanakan di Laboratorium *Remote Sensing* pada tanggal 29 Februari 2024 pukul 10.30-13.00 WIB.

Software, Hardware, dan Data

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian analisis spasial ini meliputi Microsoft Word, Microsoft PowerPoint, dan ArcGIS versi 10.3. Perangkat keras yang digunakan adalah laptop dan alat tulis sebagai pendukung kegiatan analisis. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Digital Elevation Model (DEM) dan data batas administrasi wilayah studi. Selain itu, beberapa sumber literatur tambahan diperoleh dari internet untuk mendukung penyusunan hasil dan pembahasan.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian Operasi Analisis Spasial sebagai berikut:

1. *Input data*

Prosedur penelitian diawali dengan *input* atau memasukkan data yang akan digunakan pada kegiatan pengolahan di

ArcGIS 10.3. Data yang digunakan merupakan garis kontur dan batas kecamatan.

2. Melakukan Operasi *Clip*

Operasi analisis spasial yang ketiga yaitu *Clip* atau menghapus sebagian *feature* suatu *coverage*, biasanya berupa batas *polygon clip*. Operasi *Clip* juga dapat dimulai dengan membuka *ArcToolbox*. Bagian *input features* dapat diisi dengan *feature* titik, garis, atau *polygon*. Pada penelitian ini, *input features* diisi dengan elevasi. Bagian *clip features* harus diisi dengan *polygon* seperti batas desa yang dimasukkan dalam penelitian ini. *Output features* yang dihasilkan dapat berupa *feature* titik, garis, atau *polygon* dalam areal *clipping (clipping region)*.

3. Membuat peta kelas kemiringan lereng (*slope*)

Setelah semua data dimasukkan, prosedur penelitian pertama adalah membuat peta kelas kemiringan lereng (*slope*). Prosedur ini diawali dengan mengubah *Coordinate System* pada data garis kontur yang digunakan menjadi WGS 1984 UTM ZONE 50 S. Kemudian, mengubah format data dari TIN menjadi raster. Selanjutnya, melakukan analisis terhadap kelas kemiringan lereng dengan menggunakan *tools slope* yang ada di *Raster Surface* pada *ArcToolbox*. *Output measurement* dapat diubah menjadi *Percent Rise* (persentase) karena keterangan menggunakan persentase. Langkah berikutnya yaitu melakukan klasifikasi kelas kemiringan lereng menjadi 5 kelas dengan menggunakan *tools Reclassify* yang ada di *Raster Reclass* pada *ArcToolbox*. Setelah terbentuk kelas kemiringan lereng, data yang sebelumnya dalam format raster diubah menjadi vektor. Lalu, menghitung

ulang luas setiap kawasan berdasarkan kelas kemiringan lerengnya.

4. Melakukan Operasi *Buffer*

Operasi *Buffer* dapat menentukan kedekatan spasial dalam ketentuan tertentu. Operasi ini terbagi menjadi *buffer* titik, *buffer* garis, dan *buffer* poligon. Pada penelitian ini, *buffer* dilakukan terhadap *feature* sungai dan jalan. *Buffer* sungai dilakukan dengan jarak 150 meter memasukkan pada *input layer*, sedangkan *buffer* jalan memasukkan data jaringan jalan pada *input layer*. Jarak yang digunakan adalah 1000 meter.

5. Melakukan Operasi *Intersect*

Setelah melakukan *Identity*, prosedur dilanjutkan dengan melakukan operasi *Intersect* untuk menggabungkan fitur menggunakan dua layer dimana ukuran luas *output* sama dengan luas yang bertampalan saja. Operasi ini dilakukan pada menu *Overlay* yang terdapat di *ArcToolbox*. *Input features* dapat berupa titik, garis, atau *polygon* seperti batas kecamatan dan keterangan yang dimasukkan pada penelitian ini.

6. Melakukan Operasi *Eliminate*

Selanjutnya, yaitu melakukan operasi *Eliminate* atau menghilangkan *polygon* yang sangat kecil dan menyebabkan *noise*. Pada penelitian ini, *polygon* yang dihapus adalah *polygon* yang memiliki luas kurang dari 1 Ha. Langkah awal *Eliminate* adalah membuka tabel atribut dan melakukan pemilihan *polygon* yang memiliki luas kurang dari 1 Ha dengan memasukkan formula " $LUAS <= 1$ ". Kemudian dilanjutkan dengan melakukan operasi *Eliminate* yang terdapat pada *Generalization* di *ArcToolbox*. Bagian *Input Layer* diisi dengan *output* dari operasi *Intersect*. Terkadang, operasi *Eliminate* tidak hanya dilakukan sekali, tetapi berkali-kali hingga

polygon dengan luas kurang dari 1 Ha terhapus semua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan lokasi kebun benih merupakan aspek krusial dalam pengelolaan hutan yang berkelanjutan, terutama di kawasan hutan produksi seperti yang dikelola oleh PT. ITCI di Kalimantan Timur. Kebun benih berfungsi sebagai sumber daya untuk menghasilkan bibit yang berkualitas guna mendukung kegiatan reboisasi dan rehabilitasi lahan. Pemilihan lokasi yang tepat akan sangat menentukan kualitas dan keberlanjutan produksi benih tersebut, karena faktor-faktor lingkungan seperti kemiringan lereng, ketinggian permukaan, dan kedekatannya dengan badan air dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman (Gobinath et al., 2022; Shelar et al., 2023). Oleh karena itu, pendekatan berbasis teknologi informasi geospasial menjadi solusi efektif untuk melakukan analisis kesesuaian lahan yang objektif dan terukur.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk melakukan analisis kesesuaian lahan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG), yang memungkinkan pengolahan dan analisis data spasial secara efisien. SIG memungkinkan para peneliti dan pengelola hutan untuk mengintegrasikan berbagai jenis data, seperti data topografi, hidrologi, dan vegetasi, guna

menghasilkan peta kesesuaian lahan yang akurat. Pada penelitian ini, pemanfaatan SIG bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor fisik yang mempengaruhi potensi lokasi kebun benih di areal HPH PT. ITCI Kalimantan Timur, dengan memperhatikan kriteria-kriteria yang telah ditentukan, seperti kemiringan lereng, ketinggian, dan kondisi sekitar sungai dan jalan.

Data yang digunakan dalam penelitian pemilihan kebun benih di areal HPH PT. ITCI – Kalimantan Timur adalah data Digital Elevation Model (DEM) yang telah dikonversi dari bentuk Triangulated Irregular Network (TIN) ke format raster. Penelitian ini mencakup serangkaian proses analisis permukaan yang terdiri dari penghitungan kemiringan lereng (slope), pemotongan wilayah studi (clip), pengelompokan ulang data raster (reclassify), konversi raster ke bentuk poligon, hingga pemilihan areal yang sesuai untuk pengembangan kebun benih.

Kemiringan lereng (slope) didefinisikan sebagai perbandingan antara perbedaan ketinggian (jarak vertikal) dan jarak mendatar suatu lahan. Nilai kemiringan lereng dapat dinyatakan dalam satuan persen (%) maupun derajat (°). Data DEM yang telah dikonversi ke bentuk raster selanjutnya dikelompokkan ke dalam dua kelas kemiringan lereng melalui proses reclassify atau klasifikasi ulang.

Tabel 1. Hasil *summarize* untuk kelas kemiringan lereng (*slope*)

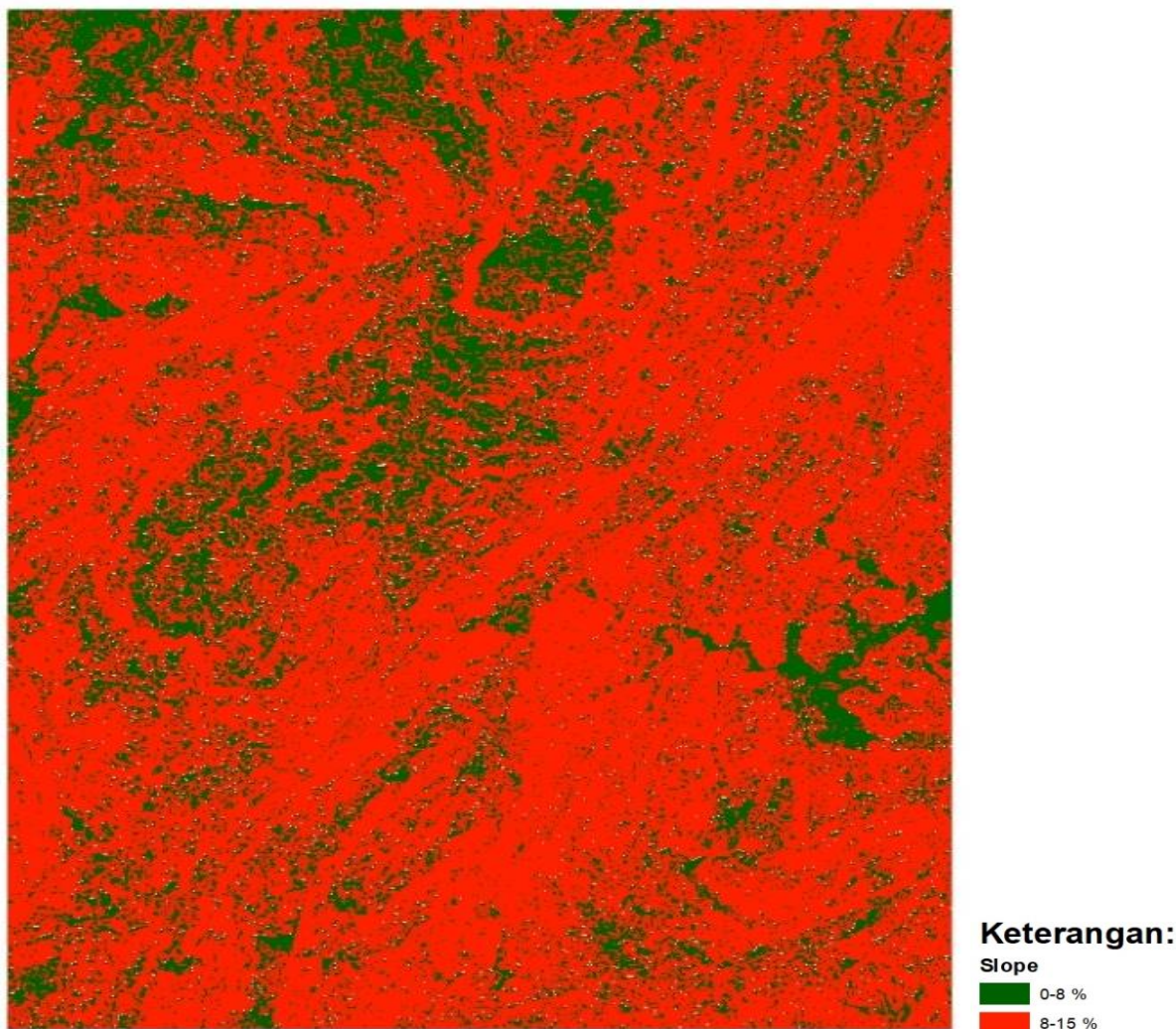
No	Kelas Kemiringan Lereng	Rentang Nilai (%)	Jumlah	Total Luas (Ha)
1	Datar	0-8	25892	20751,28
2	Landai	8-15	2839	67533,45

Klasifikasi kelas kemiringan lereng terbagi menjadi Dua kelas yaitu kelas kemiringan lereng datar (0-8%), kelas kemiringan lereng landai (8-15%), kelas kemiringan lereng agak curam (15-25%), kelas

kemiringan lereng curam (25-40%), dan kelas kemiringan lereng sangat curam (>40%) (Basuki et al. 2020). Hasil penelitian menunjukkan daerah dengan kelas kemiringan lereng landia (8-15%) yang ditandai dengan warna merah di

peta memiliki luas paling besar yaitu sebesar 67533,45 ha. Kemudian diikuti dengan daerah yang memiliki kelas kemiringan lereng datar (0-8%) berwarna Hijau sebesar 20751,28 ha.

Adapun hasil tampilan peta kemiringan lereng setelah dilakukan klasifikasi dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Hasil analisis kelas kemiringan lereng (*slope*)

Gambar 2 menunjukkan salah satu analisis spasial lainnya yaitu *buffer*. Proses *buffer* merupakan proses yang membangun areal penyangga atau *buffer*. *Buffer* dapat diartikan sebagai suatu area/ wilayah (*zone*) dari suatu jarak tertentu di sekitar entitas fisik seperti titik, garis atau *polygon*. Menurut Handayani *et al.* (2005), analisis *buffer* digunakan untuk mengidentifikasi area sekitar fitur-fitur geografi. Proses *buffer* pada penelitian ini dilakukan dua

kali. Proses *buffer* pertama dilakukan untuk Sungai dengan jarak sejauh 150 meter, sedangkan proses *buffer* kedua untuk jaringan jalan. Jarak yang digunakan pada kedua proses *buffer* sejauh 1000 meter. Hal ini dilakukan untuk memberikan Batasan pengelolaan terhadap wilayah sekitar sungai sehingga analisis selanjutnya dilakukan eliminasi menggunakan tools *erase*.



Gambar 2. Hasil *buffer* sungai 150 meter dan *buffer* jalan 1000 meter



Gambar 3. Hasil *intersect* kelereng, jumlah pohon dan *buffer* jalan dan sungai

Operasi analisis spasial yang dilakukan selanjutnya adalah *intersect*. Operasi spasial *intersect* adalah *overlay* dari dua atau lebih *coverage* yang mana *coverage input* dapat berupa titik, garis atau *polygon*, tetapi *coverage overlay* harus berupa *polygon*. Perbedaan antara *intersect* dengan *identity* terdapat pada hasil *output*. Menurut Handayani *et al.* (2005)

keluaran *coverage intersect* hanya berisi bagian fitur-fitur dalam area yang terisi oleh kedua atau lebih masukan dan merupakan irisan dari *coverage*. *Intersect* dapat dilihat pada Gambar 3 dengan memasukkan data sungai dan jaringan jalan yang di *Buffer*, batas administrasi lokasi, jumlah pohon serta kelas kerusakan yang diperoleh dari operasi spasial sebelumnya.

Tabel 2. Hasil *summarize* untuk area kebun benih

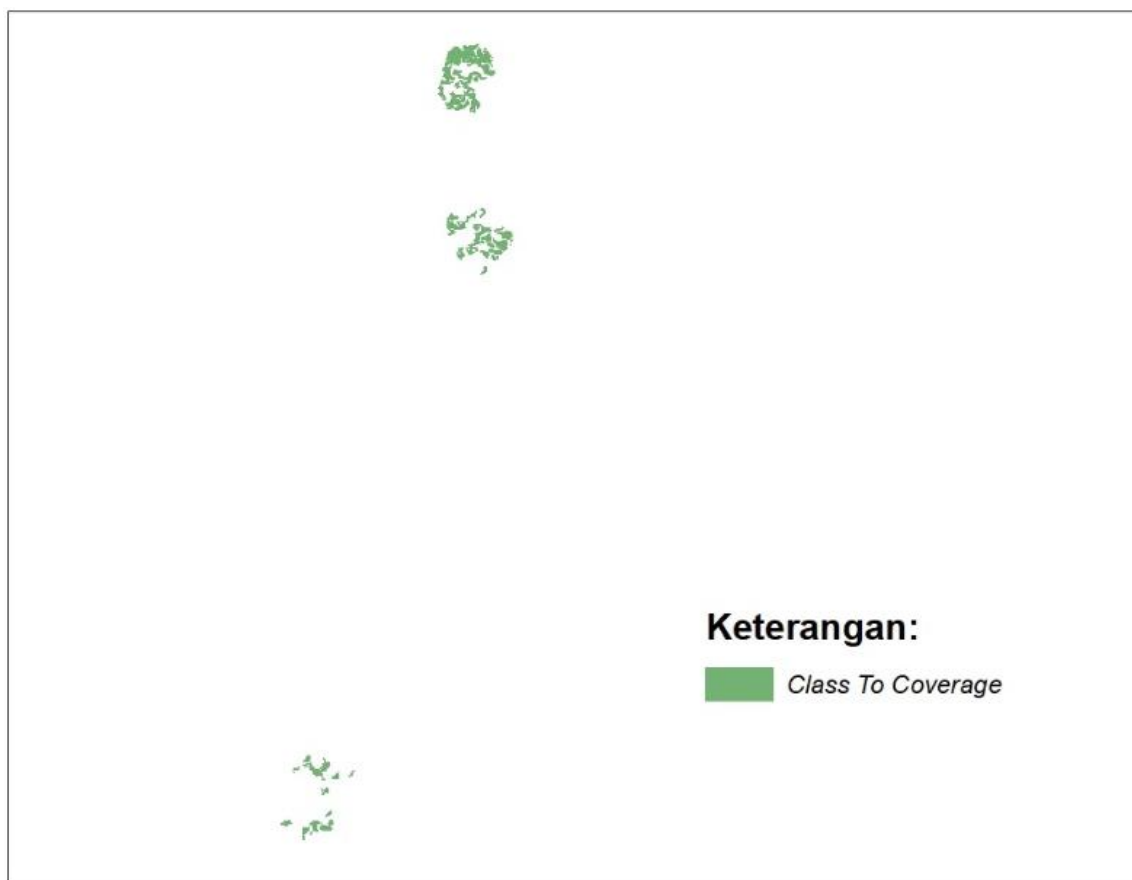
No	AREA	GRIDCODE	LENGTH	JML_PHN	FID_KELAS	KRS_CODE	KLS_KRSKAN	LUAS
1	45692,22321	1	7927,064	88	12	KR	Kerusakan Ringan	4,57
2	40135,00083	1	7927,064	88	12	KR	Kerusakan Ringan	4,01
3	152698,5638	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	15,27
4	21685,92179	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	2,17
5	34681,10796	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	3,47
6	29743,21447	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	2,97
7	23379,45566	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	2,34
8	22543,48631	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	2,25
9	31322,06754	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	3,13
10	177157,3343	1	8851,085	88	12	KR	Kerusakan Ringan	17,72
11	33347,01442	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	3,33
12	22172,77013	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	2,22
13	45819,8286	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	4,58
14	55894,9297	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	5,59
15	278463,9684	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	27,85
16	298034,5599	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	29,80
17	63660,13295	1	14723,17	88	7	KR	Kerusakan Ringan	6,37
18	157649,9187	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	15,76
19	25947,61658	1	18725,789	88	7	KR	Kerusakan Ringan	2,59
20	49975,89937	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	5,00
21	26863,2647	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	2,69
22	198125,0913	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	19,81
23	20700,36093	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	2,07
24	75245,08232	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	7,52
25	237424,3824	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	23,74
26	174671,259	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	17,47
27	20305,76453	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	2,03
28	42256,95147	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	4,23
29	454740,7502	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	45,47
30	224146,8115	1	14723,17	88	5	KR	Kerusakan Ringan	22,41

Berdasarkan hasil pengolahan data dan penerapan kriteria kesesuaian lahan untuk kebun benih, diperoleh sebanyak 30 poligon yang memenuhi seluruh syarat yang telah ditetapkan. Kriteria tersebut meliputi: kondisi tegakan tergolong baik (dengan kategori kerusakan ringan [KR] atau tidak rusak [ND]), jumlah

pohon lebih dari 30 pohon per hektar, berada di luar zona buffer sungai sejauh 150 meter, berada di dalam zona buffer jalan sejauh 3.000 meter (3 km), memiliki kemiringan lereng (slope) kurang dari atau sama dengan 15%, serta luas minimal 2 hektar. Ke-30 poligon yang lolos seleksi tersebut memiliki luasan yang bervariasi,

sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3, dengan rentang luas antara 2 hingga 46 hektar. Dari keseluruhan poligon tersebut, dipilih tiga lokasi

utama sebagai kandidat kebun benih yang paling sesuai. Lokasi-lokasi terpilih tersebut dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 4. Area untuk Kebun Benih

KESIMPULAN

Salah satu kemampuan yang dapat dilakukan oleh sistem informasi geografis adalah analisis data. Analisis data dapat berupa analisis permukaan yang terdiri dari kemiringan lereng (*slope*), ketinggian (*elevation*), dan arah lereng (*aspect*). Kemiringan lereng (*slope*) diklasifikasikan menjadi 5 kelas, ketinggian (*elevasi*) diklasifikasikan menjadi 6 kelas, dan arah lereng (*aspect*) diklasifikasikan menjadi 10 kelas. Daerah dengan kelas kemiringan lereng datar (0-8%) berwarna hijau tua pada peta memiliki luas paling besar yaitu sebesar 152616,6 ha. Jika dilihat dari kelas ketinggian (*elevasi*), daerah yang memiliki luas paling besar

terdapat pada daerah dengan rentang ketinggian rendah yaitu 1070 - 1555 mdpl yang disimbolkan dengan warna hijau tua sebesar 157959,7 ha. Berdasarkan kelas arah lereng (*aspect*) daerah terluas adalah daerah yang arah lerengnya menghadap ke barat laut (*West*) berwarna *orange* pada peta yaitu sebesar 31568,07 ha.

DAFTAR PUSTAKA

Basuki, A., Takumansang, E. D., & Tarore, R. C. H. (2020). Analisis tingkat lahan kritis berbasis SIG (sistem informasi geografis) di Kabupaten Banggai. *Jurnal Spasial*, 7(2), 186–194.

- Cammerino, A. R. B., Ingaramo, M., Piacquadio, L., & Monteleone, M. (2023). Assessing and mapping forest functions through a GIS-based, multi-criteria approach as a participative planning tool: An application analysis. *Forests*, 14(5), 934. <https://doi.org/10.3390/f14050934>
- Chen, Z., Chen, R., & Chen, S. (2021). Intelligent management information system of urban planning based on GIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(4), 6007–6016. <https://doi.org/10.3233/JIFS-191455>
- Gobinath, R., Ganapathy, G. P., Gayathiri, E., Salunkhe, A. A., & Pourghasemi, H. R. (2022). Ecoengineering practices for soil degradation protection of vulnerable hill slopes. In *Computers in Earth and Environmental Sciences* (pp. 255–270). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821754-4.00015-4>
- Hasan, M. (2012). *Pemodelan spasial sebaran dan kesesuaian habitat spesies tumbuhan asing invasif kirinyuh (Austro eupatorium inulifolium (Kunth) R. M. King & H. Rob) di Resort Mandalawangi Taman Nasional Gunung Gede Pangrango* [Skripsi tidak diterbitkan]. Institut Pertanian Bogor.
- Istiawan, N. D., & Kastono, D. (2019). Pengaruh ketinggian tempat tumbuh terhadap hasil dan kualitas minyak cengkih (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.) di Kecamatan Samigaluh, Kulon Progo. *Vegetalika*, 8(1), 27–41.
- Kaliraj, S., Adhikari, K., Dharumarajan, S., Lalitha, M., & Kumar, N. (2024). Remote sensing and geographic information system applications in mapping and assessment of soil resources. In *Remote Sensing of Soils* (pp. 25–41). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821123-8.00002-7>
- Patel, R. (2025). Application and future prospects of geographic information system (GIS) in intelligent transportation. *Transactions on Computational and Scientific Methods*, 5(3). <https://doi.org/10.5438/TC-SM-234>
- Sekeon, N. D., Rindengan, Y. D., & Sengkey, R. (2016). Perancangan SIG dalam pembuatan profil desa se-Kecamatan Kawangkoan. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(1), 49–59.
- Shelar, A., Nile, S. H., Singh, A. V., Rothenstein, D., Bill, J., Xiao, J., Chaskar, M., Kai, G., & Patil, R. (2023). Recent advances in nano-enabled seed treatment strategies for sustainable agriculture: Challenges, risk assessment, and future perspectives. *Nano-Micro Letters*, 15(1), 54. <https://doi.org/10.1007/s40820-023-01056-w>
- Sunny, M. A. U. (2024). Unveiling spatial insights: Navigating the parameters of dynamic Geographic Information Systems (GIS) analysis. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(2), 1976–1985. <https://doi.org/10.29099/IJSRA-2415>
- Tahri, M., Kaspar, J., Vacik, H., & Marusak, R. (2021). Multi-attribute decision making and geographic information systems: Potential tools for evaluating forest ecosystem services. *Annals of Forest Science*, 78, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01022-4>
- Wartika, Wahyuni, W., Hasti, N., Pangaribuan, I., & Nurpalah, A. (2025). Web-based

geographic information system to determine the location of UMKM (Case study in the Central Antapani region). *AIP Conference Proceedings*, 3200(1), 040013.
<https://doi.org/10.1063/5.0005608>

Wibowo, K. M., Kanedi, I., & Jumadi, J. (2015). Sistem informasi geografis (SIG) menentukan lokasi pertambangan batu bara di Provinsi Bengkulu berbasis website. *Jurnal Media Infotama*, 11(1), 51–60.