

# Analisis Kesesuaian Lahan Padi Gogo Berbasis Sifat Tanah dan Cuaca Menggunakan ID3 Spasial

## *(Land Suitability Analysis for Upland Rice based on Soil and Weather Characteristics using Spatial ID3)*

Andi Nurkholis<sup>1</sup>, Muhaqiqin Muhaqiqin<sup>2</sup>, Try Susanto<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

<sup>1</sup>andinh@teknokrat.ac.id

<sup>2</sup>muhaqiqin@teknokrat.ac.id

<sup>3</sup>try\_susanto@teknokrat.ac.id

**Abstrak** - Penurunan minat generasi muda terhadap sektor pertanian menjadi permasalahan sekaligus tantangan bagi Indonesia dalam hal kedaulatan pangan, dimana kebutuhan suplai pangan justru akan terus meningkat setiap tahunnya. Pemerintah Indonesia telah menetapkan rencana strategis berupa pengembangan sembilan komoditas utama, salah satunya adalah padi yang merupakan bahan pangan utama masyarakat Indonesia. Pengembangan dapat dilakukan dengan menerapkan kemajuan teknologi untuk keefektifan produksi pangan, dengan tujuan utama adalah ekstensifikasi lahan pertanian. Arahan kesesuaian lahan berupa karakteristik lahan dan cuaca yang sesuai sangat penting dalam menunjang hal tersebut, yang dapat diperoleh melalui evaluasi kesesuaian lahan. Penelitian ini melakukan kajian analisis berupa evaluasi kesesuaian lahan padi gogo menggunakan algoritme ID3 spasial berdasarkan sifat tanah dan cuaca. Algoritme ID3 spasial merupakan pengembangan dari algoritme ID3 konvensional untuk menangani klasifikasi data yang melibatkan faktor spasial. Dataset terbagi menjadi dua kategori, yakni layer penjelas merepresentasikan delapan sifat tanah (elevasi, drainase, relief, kejenuhan basa, kapasitas tukar kation, tekstur tanah, kemasaman tanah, dan kedalaman mineral tanah) dan dua data cuaca (curah hujan dan temperatur), serta layer target merepresentasikan kesesuaian lahan padi gogo pada area studi, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Analisis kesesuaian lahan menghasilkan dua model yang memperoleh simpul akar (relief) dan akurasi yang sama (87.28%), dengan jumlah aturan yang berbeda, yakni 144 oleh model A dan 69 oleh model B. Penambahan faktor cuaca merupakan hal tepat yang dibuktikan oleh keterlibatannya pada dua model keputusan spasial, sehingga dapat memberikan informasi curah hujan dan temperatur yang dibutuhkan dalam pengoptimalan pertanian padi gogo.

**Kata-kata kunci:** cuaca, ID3 spasial, kesesuaian lahan, padi gogo, sifat tanah

*Abstract* - The decline of the younger generation's interest in agricultural sector is both problem and challenge for Indonesia's food sovereignty, even though the need for food supply will precisely continue to increase every year. Indonesian government has set a strategic plan, i.e. development of nine main commodities, one of them is rice which is Indonesian people's main food. Development can be accomplished by applying technology for food production effectiveness to extend rice agricultural land. Land suitability guide such as suitable soil and weather characteristics are very important for, which can be obtained by land suitability evaluation. This study aims to analyze for upland rice land suitability evaluation using spatial ID3 algorithm based on soil and weather characteristics. The algorithm is an extension of conventional ID3 algorithm to handle data classifications that involve spatial factors. The dataset is divided into two categories; the explanatory layer representing eight soil characteristics (elevation, drainage, relief, base saturation, cation exchange capacity, soil texture, soil acidity, and soil mineral depth) and two weather data (rainfall and temperature), and a target layer represents upland rice land suitability in Bogor Regency, West Java Province, Indonesia. The land suitability analysis produces two models that obtained same root node (relief) and accuracy (87.28%), with different numbers of rules (144 by model A and 69 by model B). Weather factors addition is right thing which is proven by its involvement in two spatial decision tree models, therefore can provide rainfall and temperature information needed for optimizing upland rice farming.

**Keywords:** land suitability, soil characteristic, spatial ID3, upland rice, weather

## I. PENDAHULUAN

Dalam pencapaian kedaulatan pangan, Indonesia menghadapi berbagai tantangan khususnya dari aspek sumber daya manusia pertanian, yakni menurunnya minat generasi muda di sektor pertanian. Hal tersebut dibuktikan oleh penurunan jumlah rumah tangga petani dalam kurun waktu 10 tahun (2003-2013) sebesar 5.10 juta (16%), yakni dari 31.23 juta pada tahun 2003, menjadi 26.14 juta pada tahun 2013 [1]. Penurunan tersebut disebabkan oleh tenaga kerja yang beralih ke sektor lain lebih besar dibandingkan dengan tenaga kerja baru di sektor pertanian [2]. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, pemerintah Indonesia melalui kementerian pertanian telah menetapkan rencana strategis 2015-2019, yakni berfokus pada pengembangan sembilan komoditas strategis, yang salah satunya adalah komoditas padi [3].

Padi gogo merupakan varietas padi baru yang unggul memiliki karakteristik berdaya hasil tinggi, tahan terhadap penyakit utama, berumur genjah, serta memiliki rasa nasi enak dengan kadar protein yang relatif tinggi [4]. Digunakannya varietas padi gogo sebagai objek penelitian merupakan implikasi dari penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa usaha tani padi gogo mampu memberikan keuntungan yang sangat baik pada petani, yakni dengan nilai  $R/C > 1$  yang berkisar antara 2.35-2.99 [5]. Lebih lanjut, padi gogo juga memberikan kemudahan pada petani dengan dapat dibudidayakan pada lahan yang kering [6], yang artinya tidak membutuhkan intensitas curah hujan yang tinggi seperti halnya varietas padi lainnya.

Secara umum, padi merupakan komoditas penghasil bahan makan utama masyarakat Indonesia yang mencapai 255.46 juta orang dengan laju pertumbuhan sebesar 1.31% dan tingkat konsumsi beras mencapai 124.89 kg/kapita/tahun [7], sehingga peningkatan produksi beras saat ini menjadi prioritas untuk mengatasi kekurangan suplai. Pengembangan suatu komoditas memerlukan arahan kesesuaian lahan sebagai panduan untuk menerapkan teknologi dalam meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman [8]. Hal tersebut dapat diperoleh melalui kegiatan pemetaan sumberdaya lahan yang dilanjutkan dengan evaluasi kesesuaian lahan [3]. Dalam perencanaan penggunaan lahan pada suatu area, peran dari evaluasi kesesuaian lahan sangat esensial [9], dikarenakan berdasarkan data nyata yang ada di lapangan. Lebih lanjut, panduan yang dihasilkan melalui evaluasi kesesuaian lahan juga dimungkinkan dapat diterapkan pada daerah lainnya, sehingga dapat membentuk peta arahan komoditas padi gogo per masing-masing daerah berdasarkan karakteristiknya.

Evaluasi kesesuaian lahan dapat dilakukan dengan menerapkan teknik klasifikasi yang bertujuan mengekstraksi data kesesuaian lahan yang telah ada untuk menghasilkan aturan yang mampu mendeskripsikan pola data berdasarkan kelasnya [10], yang pada penelitian ini mengacu pada FAO (*Food and Agriculture Organization*), yakni S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai), S3 (sesuai marjinal), dan N (tidak sesuai) [11]. Penelitian sebelumnya telah menerapkan algoritme ID3 spasial dalam mengevaluasi kesesuaian lahan kedelai [12], yang kemudian dilakukan pengembangan berupa optimalisasi pada evaluasi kesesuaian lahan kelapa sawit [13]. Dua penelitian tersebut menggunakan algoritme yang diadopsi dari penelitian sebelumnya, yakni klasifikasi titik panas untuk prediksi kebakaran lahan [14][15][16][17]. Teknik klasifikasi tersebut merupakan pengembangan dari algoritme ID3 [18], dapat digunakan terhadap penanganan data *noisy* yang merupakan properti penting dalam pengolahan data spasial, sehingga sering disebut juga sebagai ID3 spasial [14].

Penelitian ini bertujuan melakukan analisis dengan mengevaluasi kesesuaian lahan komoditas padi yang berfokus pada varietas unggulan padi gogo menggunakan algoritme ID3 spasial. Hal tersebut didasarkan pada penelitian kesesuaian lahan sebelumnya [12][13] masih belum melibatkan faktor cuaca, yakni curah hujan dan temperatur yang merupakan elemen penting dalam analisis kesesuaian lahan [19]. Sebagai tindak lanjut, perlu dilakukan kajian terhadap evaluasi kesesuaian lahan yang melibatkan sifat tanah dan cuaca, sehingga tidak hanya memberikan referensi karakteristik lahan, melainkan juga memberikan referensi cuaca yang sesuai untuk kesesuaian lahan padi gogo. Keterlibatan faktor cuaca diharapkan dapat menunjang kebijakan yang akan diambil oleh pihak terkait dalam melakukan penanaman di waktu dengan kondisi cuaca yang sesuai untuk pertanian padi gogo. Misalnya, jika nilai curah hujan dan temperatur yang baik untuk kesesuaian lahan padi gogo adalah diawal musim penghujan, maka dapat dilakukan persiapan penanaman pada bulan sebelumnya sembari menentukan lokasi yang sesuai berdasarkan karakteristik lahannya.

## II. METODE

Wilayah kajian penelitian ini adalah Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dengan luas 299.070 ha [3]. Berdasarkan data yang diterbitkan oleh Pusdatin pada tahun 2016, Provinsi Jawa Barat merupakan sentra produksi padi terbesar kedua dengan *share* 13.94% atau berkontribusi terhadap luas panen padi Indonesia rata-rata 1.96 juta hektar [7]. BBSDLP (Balai Besar Litbang

Sumberdaya Lahan Pertanian) telah memberikan peta arahan komoditas pertanian utama Kabupaten Bogor, yang salah satunya adalah padi gogo dengan kesesuaian lahan cukup sesuai (S2) seluas 130.391 ha dan sesuai marjinal (S3) seluas 31.145 ha [3]. Berdasarkan hal tersebut, peta arahan kesesuaian lahan padi gogo yang sebelumnya telah dibuat oleh BBSDLP, mampu menjadi acuan dalam mengembangkan peta kesesuaian lahan padi gogo yang dapat diterapkan untuk daerah lainnya.

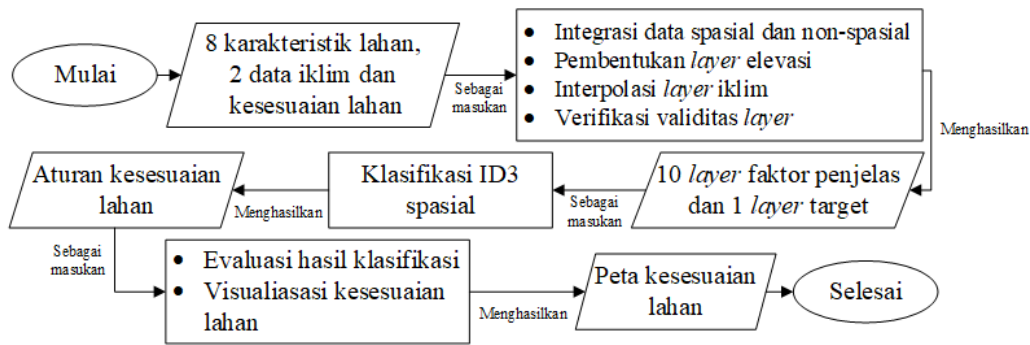
Data yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu data penjelas dan data target, yang dalam klasifikasi spasial disebut sebagai *layer*, dikarenakan mengandung atribut geometri. *Layer* penjelas merupakan data sifat tanah dan cuaca yang terdiri dari sepuluh variabel syarat tumbuh, dimana tujuh berasal dari BBSDLP, dua berasal dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika), dan satu berasal dari USGS (*United States Geological Survey*). *Layer* target merupakan data kesesuaian lahan padi gogo yang telah ada sebelumnya, yang juga berasal dari BBSDLP. Tujuh variabel syarat tumbuh dan data kesesuaian lahan padi gogo yang berasal dari BBSDLP telah berformat vektor, sedangkan tiga variabel lainnya yang diperoleh dari BMKG dan USGS belum berformat vektor, sehingga perlu dilakukan praproses terlebih dahulu agar dapat diintegrasikan dengan data spasial lainnya [14]. Daftar variabel, keterangan, format beserta sumber yang digunakan selengkapnya pada Tabel I.

Rentang usia tanaman padi sejak dilakukan penanaman hingga menghasilkan panen berkisar antara 90-110 hari. Dalam rentang waktu tiga tahun (2013-2015), pola tanam padi secara umum membentuk dua kurva, yaitu kurva pertama yang merupakan pola tanam pada awal musim kemarau di bulan mei, sedangkan kurva kedua adalah puncak tanam utama yang terjadi pada musim penghujan awal di bulan desember. Sebagaimana pola tanamnya, pola panen padi secara umum juga membentuk dua kurva yaitu kurva pertama yang merupakan puncak panen utama terjadi pada musim penghujan antara bulan januari-april dengan puncak panen pada bulan maret [7]. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa data curah hujan dan temperatur yang digunakan adalah nilai rata-rata dalam satu bulan. Hal tersebut dikarenakan penelitian ini berfokus pada evaluasi kesesuaian lahan dengan tujuan memberikan referensi mengenai syarat tumbuh penanaman padi gogo, sehingga yang digunakan adalah data cuaca pada awal pertanian, yakni bulan desember (mengacu pada pola tanam padi utama) pada tahun 2016 (mengacu pada data sifat tanah dan kesesuaian lahan padi gogo yang digunakan).

Penelitian yang dilakukan mencakup beberapa tahapan, yaitu praproses data, klasifikasi spasial, klasifikasi non-spasial, evaluasi hasil klasifikasi, dan visualisasi kesesuaian lahan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

TABEL I  
DATA ANALISIS KESESUAIAN LAHAN PADI GOGO

Variabel	Keterangan	Format	Sumber
Curah hujan	Total curah hujan dalam rentang waktu sebulan (desember 2016)	Tabular	BMKG
Temperatur	Rata-rata temperatur dalam rentang waktu sebulan (desember 2016)	Tabular	BMKG
Elevasi	Elevasi menyatakan ketinggian tanah dari permukaan laut berdasarkan <i>digital elevation model</i> (DEM)	Raster	USGS
Kedalaman mineral tanah	Kedalaman mineral tanah menyatakan dalamnya mineral pada lapisan tanah	Vektor	BBSDLP
Drainase	Drainase merupakan pengaruh laju perlokasi air ke dalam tanah terhadap aerasi udara dalam tanah	Vektor	BBSDLP
Tekstur tanah	Tekstur tanah menyatakan istilah dalam distribusi partikel tanah halus dengan ukuran <2 mm	Vektor	BBSDLP
Kemasaman tanah (pH)	Kemasaman tanah merupakan nilai pH tanah di lapangan	Vektor	BBSDLP
Kapasitas tukar kation (KTK)	Kapasitas tukar kation menyatakan kapasitas tukar kation dari fraksi liat	Vektor	BBSDLP
Kejenuhan basa (KB)	Kejenuhan basa merupakan jumlah basa-basa (NH <sub>4</sub> OAc) yang ada dalam 100g contoh tanah	Vektor	BBSDLP
Relief	Relief menyatakan kemiringan lahan diukur dalam %	Vektor	BBSDLP
Kesesuaian lahan padi gogo	Tingkat kesesuaian suatu bidang lahan terhadap tanaman padi gogo	Vektor	BBSDLP



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Berdasarkan Gambar 1, berikut penjelasan secara rinci tahapan penelitian.

A. Integrasi Data Spasial dan Non-Spasial

Data (tujuh faktor penjas dan satu kesesuaian lahan padi gogo) yang diperoleh dari BBSDLP terbagi menjadi dua data, yaitu data spasial (vektor) dalam format *shapefile* dan data non-spasial (tabular) dalam format *spreadsheet*. Kedua data tersebut disatukan berdasarkan satuan peta tanah (SPT) yang terdapat pada masing-masing data dengan memanfaatkan *Database Management System (DBMS) PostgreSQL*. Dalam penelitian ini, data satu SPT bisa terdiri dari beberapa poligon.

B. Pembentukan Layer Elevasi

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa data elevasi yang diperoleh dari USGS berformat raster, sedangkan dalam klasifikasi ID3 spasial menggunakan format vektor. Pembentukan *layer* elevasi dilakukan dengan mengekstrak data DEM yang merupakan representasi kuantitatif, tiga dimensi dari permukaan bumi yang berasal dari data ketinggian [20]. Proses pembentukan *layer* elevasi dilakukan menggunakan aplikasi ArcMap versi 10.3.

C. Interpolasi Layer Iklim

Pada penanganan data iklim berformat tabular yang diperoleh dari BMKG, dilakukan interpolasi spasial menggunakan *Ordinary Cokriging (OCK)*. Hal tersebut didasarkan oleh penelitian sebelumnya mengkaji

perbandingan antara metode *Ordinary Kriging (OK)* dan *Kriging with External Drift (KED)* yang menghasilkan OCK sebagai metode interpolasi terbaik untuk mengestimasi penyebaran nilai curah hujan dengan kesalahan terendah [21]. Pada interpolasi curah hujan, variabel yang dipertimbangkan adalah curah hujan sebagai variabel primer dan elevasi sebagai variabel sekunder, sedangkan pada interpolasi temperatur, variabel yang dipertimbangkan adalah temperatur sebagai variabel primer dan elevasi sebagai variabel sekunder. Dalam melakukan interpolasi OCK, digunakan koordinat beberapa stasiun terdekat dari lokasi yang ingin dihasilkan nilai interpolasi cuaca dengan memanfaatkan aplikasi ArcMap. Koordinat stasiun tersebut digunakan sebagai titik-titik penyebaran nilai cuaca untuk daerah sekitarnya. Pada penelitian ini digunakan beberapa stasiun BMKG terdekat dengan Kabupaten Bogor yang terdapat pada Tabel II.

D. Verifikasi Validitas Layer

Pemeriksaan dilakukan untuk setiap poligon pada keseluruhan *layer* penjas dan *layer* target, sehingga tidak ada poligon berstatus *self-intersection* yang menandakan bahwa poligon tidak memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan oleh OpenGIS [22]. Pemeriksaan dilakukan dengan menjalankan *query* spasial yang memanfaatkan fungsi *ST\_IsValid* yang disediakan oleh *extension PostGIS* pada DBMS PostgreSQL. Untuk mengatasi permasalahan pada poligon yang bernilai *false*, dilakukan perbaikan berupa penghapusan sedikit bagian pada poligon yang berstatus *self-intersection*.

TABEL II  
DATA CUACA STASIUN TERDEKAT KABUPATEN BOGOR

Nama Stasiun	Longitude	Latitude	Curah Hujan (mm)	Temperatur (°C)
Stasiun Meteorologi Citeko	106.85	-6.7	142.5	21.7
Stasiun Klimatologi Bogor	106.75	-6.5	116.6	26.04
Stasiun Geofisika Bandung	107.5973	-6.88356	62.1	24.41
Stasiun Meteorologi Budiarto	106.5639	-6.2867	120	26.57
Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan	106.7508	-6.26151	122.3	27.5
Halim Perdana Kusuma Jakarta	106.8893	-6.27036	135.6	27.7
Stasiun Geofisika Tangerang	106.38	-6.1	93.2	27.5

### E. Klasifikasi ID3 Spasial

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model klasifikasi menggunakan algoritme ID3 spasial yang diterapkan pada dataset spasial kesesuaian lahan padi gogo. ID3 spasial menggunakan konsep dasar sebuah struktur pohon berbasis algoritme *decision tree* yang setiap simpul internal merepresentasikan variabel, dan simpul daun merepresentasikan suatu kelas [23]. Secara khusus, ID3 spasial adalah pohon yang memiliki kriteria: 1) setiap simpul internal adalah simpul keputusan diatas *layer*, 2) setiap cabang menunjukkan hasil uji, dan 3) setiap daun merepresentasikan suatu nilai kelas.

Formulasi dasar ID3 spasial [18] sebelumnya telah diimplementasikan untuk evaluasi kesesuaian lahan kedelai dan kelapa sawit dengan menghasilkan akurasi yang sangat baik, yakni 92.73% [12] dan 98.18% [13]. Dua penelitian tersebut menggunakan formulasi *Spatial Join Relationship* (SJR) yang telah dikembangkan oleh penelitian lainnya untuk model prediksi kebakaran lahan [14]. Formulasi SJR digunakan untuk menghitung ukuran spasial (*spatial measure*) pada data vektor, baik fitur poligon, garis, dan titik yang akan digunakan dalam perhitungan *entropy* dan *gain* pada algoritme ID3 spasial. Formulasi SJR memiliki ketentuan, yakni pendekatan yang dilakukan pada data spasial berfitur poligon akan berbeda dengan yang berbentuk garis dan titik. Misal terdapat *layer*  $L_i$  dan  $L_j$  di sekumpulan *layer*  $L$ ,  $L_i \neq L_j$ , untuk setiap fitur  $r_i$  dalam  $R = SpatRel(L_i, L_j)$ , ukuran spasial untuk  $r_i$  dilambangkan dengan  $SpatMes(r_i)$  didefinisikan sebagai [14]:

- Hitung luas area  $r_i$ , jika  $\langle L_i, \text{di dalam}, L_j \rangle$  atau  $\langle L_i, \text{overlap}, L_j \rangle$ , ambil semua fitur di  $L_i$  dan  $L_j$  direpresentasikan dalam polygon
- Hitung jumlah  $r_i$ , jika  $\langle L_i, \text{di dalam}, L_j \rangle$ , ambil semua fitur  $L_i$  yang direpresentasikan dalam poin dan  $L_j$  direpresentasikan dalam poligon.

Data *layer* penjasar (sifat tanah dan cuaca) dan *layer* target (kelas kesesuaian lahan) yang digunakan dalam penelitian ini keseluruhan berfitur poligon, sehingga pendekatan relasi yang digunakan adalah *intersection/overlap* antara *layer* penjasar dan *layer* target. Relasi spasial tersebut dilakukan dengan memanfaatkan fungsi *ST\_Intersection* yang telah tersedia pada DBMS PostgreSQL, untuk kemudian dihitung ukuran spasialnya menggunakan fungsi *ST\_Area*.

### F. Evaluasi Hasil Klasifikasi

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap model hasil klasifikasi menggunakan data uji Kabupaten Bogor. Evaluasi bertujuan untuk mengetahui akurasi penerapan

aturan pada data uji, sehingga dapat menentukan model terbaik. Formulasi perhitungan akurasi pada penelitian ini menggunakan metode *confusion matrix* [24] yang juga dipakai dalam penelitian sebelumnya [12][13], ditunjukkan pada persamaan (1) berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{tp+tn}{tp+fn+fp+tn} \times 100\% \quad (1)$$

- $tp$  (*true positive*) = jumlah data positif yang terklasifikasi benar
- $tn$  (*true negative*) = jumlah data positif yang terklasifikasi salah
- $fp$  (*false positive*) = jumlah data negatif yang terklasifikasi benar
- $fn$  (*false negative*) = jumlah data negatif yang terklasifikasi salah

### G. Visualisasi Kesesuaian Lahan

Pada tahap ini dilakukan pemetaan kesesuaian lahan padi gogo berdasarkan hasil model klasifikasi terbaik. Aturan yang diperoleh model klasifikasi kesesuaian lahan diterapkan pada data sifat tanah dan cuaca di Kabupaten Bogor. Proses visualisasi peta kesesuaian lahan dilakukan menggunakan aplikasi ArcMap dalam bentuk peta spasial.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan praproses data, dihasilkan sepuluh *layer* penjasar dan sebuah *layer* target, dimana tujuh *layer* penjasar dan sebuah *layer* target sebelumnya telah diperoleh dari BBSDLP. Tiga *layer* penjasar lainnya diperoleh dengan proses pembentukan *layer* elevasi dan interpolasi dan cuaca (curah hujan dan temperatur). Berdasarkan data pada Tabel 2, dilakukan interpolasi spasial terhadap nilai cuaca pada masing-masing stasiun yang kemudian dijadikan sebagai sebuah titik untuk penyebaran nilai yang dikorelasikan dengan nilai elevasi area sekitar. Secara proses, interpolasi data cuaca dilakukan menggunakan bantuan aplikasi ArcMap dengan memanfaatkan *tool* Geostatistical Analyst, GA Layer to Grid, Reclassify, Raster to Polygon, dan Clip. Hasil akhir interpolasi spasial berupa *layer* curah hujan dan *layer* temperatur, dimana nilai sebaran dilakukan proses re-klasifikasi yang menghasilkan nilai kategori sesuai ketentuan yang direkomendasikan oleh BMKG [25]. Nilai sebaran interpolasi variabel curah hujan yang diperoleh pada penelitian ini adalah 100–125 mm dan >125 mm, sedangkan pada variabel temperatur yang hanya berkisar 21–26°C di re-klasifikasi menjadi nilai diskret.

Setelah praproses data selesai dilakukan, keseluruhan hasil *layer* penjasar dan *layer* target disimpan ke dalam DBMS PostgreSQL. Proses penyimpanan tersebut

dilakukan dengan memanfaatkan ekstensi PostGIS yang telah tersedia untuk proses impor/ekspor khusus data spasial. Daftar *layer*, jumlah poligon serta atribut pada masing-masing *layer* ditunjukkan pada Tabel III.

Berdasarkan algoritme ID3 spasial [14], pembuatan model klasifikasi dibagi menjadi tiga modul yang diterapkan menggunakan Bahasa pemrograman Python versi 3.7. Ketiga modul tersebut adalah, modul SJR, modul penghitung entropy dan gain, dan modul penyusun ID3 spasial yang diintegrasikan menjadi kesatuan hingga menghasilkan sebuah pohon keputusan spasial. 1) Modul SJR berisi formulasi untuk menghitung luas area hasil intersection pada poligon *layer* penjelas dan *layer* target yang bersatus overlap. 2) Modul penghitung *entropy* dan *gain* digunakan untuk menghitung nilai *entropy* dan *gain* dari ukuran spasial yang didapatkan oleh modul SJR, dimana terdapat tiga tahapan yang dilakukan yaitu, menghitung *entropy* masing-masing variabel, menghitung *entropy* masing-masing atribut dalam suatu *layer*, dan menghitung *gain* masing-masing variabel. 3) Modul penyusun ID3 spasial bekerja dengan memilih *best layer* berdasarkan nilai *gain* spasial yang diperoleh. *Layer* penjelas yang menjadi *best layer* dalam penghitungan pertama akan menjadi simpul akar dalam pohon keputusan spasial. Atribut dalam *best layer* menjadi nilai dari *edge* yang tersambung ke simpul

internal yang merupakan *best layer* di penghitungan selanjutnya.

Merujuk pada penelitian sebelumnya [12][13], dalam penelitian ini dibuat dua model klasifikasi untuk melihat variasi hasil yang kemudian digunakan dalam penentuan hasil aturan terbaik. Model pertama (kode: A) dibuat berdasarkan algoritme ID3 spasial tanpa modifikasi/penambahan, sedangkan model kedua (kode: B) dibuat dengan menambahkan kondisi proses *intersection*  $\geq 1$  ha pada modul SJR. Nilai  $\geq 1$  ha tersebut didasarkan pada luas lahan tanam padi gogo terkecil [26] yang juga digunakan pada penelitian sebelumnya [13]. Dalam menentukan keefektifan model yang diperoleh, dilakukan evaluasi berupa pengujian akurasi menggunakan metode *confusion matrix* dengan menerapkan hasil aturan terhadap data uji berupa data sifat tanah dan cuaca Kabupaten Bogor yang berjumlah 55 SPT, kemudian kelas hasil prediksi dilakukan perbandingan dengan kelas kesesuaian lahan versi BBSDLP untuk mengetahui jumlah SPT yang diprediksi/teklasifikasi benar dan salah. Misalnya, sebuah data SPT yang menurut hasil prediksi oleh model adalah kelas S2, sedangkan berdasarkan versi BBSDLP adalah S3, maka artinya terklasifikasi salah (*false*), begitu juga sebaliknya. Hasil lengkap evaluasi model dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL III  
DAFTAR LAYER PENJELAS DAN LAYER TARGET

Layer	Jumlah Poligon	Atribut
Curah hujan (mm)	5	100–125, >125
Temperatur (°C)	61	21, 22, 23, 24, 25, 26
Elevasi (mdpl)	1,209	<100, 100–600, 601–700, 701–1600, 1601–1750, 1751–2000, >2000
Kedalaman mineral tanah (cm)	90	<25 (sangat dangkal), 25–50 (dangkal), 51–75 (sedang), 76–100 (dalam), >100 (sangat dalam)
Drainase*	57	Cepat, agak cepat, baik, agak baik, agak terhambat, terhambat
Tekstur tanah*	94	Sangat halus, halus, agak halus, sedang, agak kasar, kasar
Kemasaman tanah (°)	76	4.5–5.5 (masam), 5.6–6.5 (agak masam), 6.6–7.5 (netral)
Kapasitas tukar kation (cmol)	65	<5 (sangat rendah), 5–16 (rendah), 17–24 (sedang), 24–40 (tinggi)
Kejenuhan basa (%)	53	<20 (sangat rendah), 20–35 (rendah), 36–60 (sedang), 61–80 (tinggi), >80 (sangat tinggi)
Relief (%)	187	0 (datar), 1–3 (agak datar), 4–8 (agak landai), 9–15 (landai), 16–25 (agak curam), 26–40 (curam), >40 (sangat curam)
Kesesuaian lahan padi gogo	238	S2 (cukup sesuai), S3 (sesuai marjinal), N (tidak sesuai)

\*Nilai syarat tumbuh bersifat kelas, tidak memiliki nilai numerik

TABEL IV  
HASIL EVALUASI MODEL

Model	Simpul Akar	Variabel Tidak Terlibat	Jumlah Aturan	True	False	Unclassified	Akurasi (%)
A	Relief	-	144	48	4	3	87.28
B	Relief	Drainase	69	48	5	2	87.28

Keterangan: True = Jumlah data yang terklasifikasi benar oleh aturan  
False = Jumlah data yang terklasifikasi salah oleh aturan  
Unclassified = Jumlah data yang tidak terklasifikasi oleh aturan

Pada Tabel IV dapat dilihat bahwa model A menghasilkan aturan lebih banyak dibandingkan model B, namun akurasi yang diperoleh bernilai sama, yakni 87.28%. Hal ini kembali menegaskan bahwasanya penambahan kondisi pada modul SJR memberikan efektifitas pada jumlah hasil aturan yang diperoleh [13], yakni lebih sedikit/ringkas. Namun, berbeda dari penelitian sebelumnya [13], model dengan penambahan kondisi pada modul SJR, yakni model A, tidak mempengaruhi hasil akurasi. Hal tersebut disebabkan oleh nilai batas *intersection* yang diberikan belum memberikan pengaruh sehingga tidak dapat meningkatkan nilai akurasinya. Pengaruh yang dimaksud adalah pendefinisian luas area yang dapat merepresentasikan *spatial measure* suatu poligon *layer* penjelas sifat-sifat syarat tumbuh dalam proses *intersection* terhadap suatu poligon *layer* target kesesuaian lahan untuk kemudian ditentukan dimasukkan atau tidaknya dalam perhitungan *entropy* berdasarkan batas 1 ha.

Lebih lanjut, pada model A keseluruhan variabel dilibatkan dalam pohon keputusan spasial, sedangkan model B terdapat sebuah variabel yang tidak terlibat, yakni drainase. *Entropy* merupakan parameter dalam algoritme ID3 spasial yang menentukan keterlibatan (dijadikan simpul akar/internal) variabel dalam penyusunan pohon keputusan spasial berdasarkan keragaman sifat suatu variabel dalam dataset [13]. Berdasarkan hal tersebut, ketidakterlibatan variabel drainase pada model B dapat disebabkan oleh sifat heterogenitasnya yang tinggi, kemudian menghasilkan *entropy* yang tinggi pula, sehingga menyebabkan peluang keterlibatan dalam pohon keputusan lebih kecil dibandingkan dengan variabel lainnya. Sebagai implikasi, model B dapat memberikan informasi variabel yang tidak terlalu penting dalam menentukan kesesuaian lahan padi gogo, sehingga diharapkan dapat lebih berfokus pada variabel syarat tumbuh lainnya.

Pada Tabel IV juga diperoleh bahwa model A lebih banyak menghasilkan hasil kelas *unclassified* dibandingkan model B. Nilai kelas *unclassified* merupakan implikasi dari ketidakmampuan hasil aturan dalam menentukan kelas kesesuaian lahan suatu data SPT, yang dapat disebabkan oleh panjangnya suatu

aturan sehingga tidak dapat terpenuhi. Hal tersebut dibuktikan oleh keterlibatan rata-rata variabel pada sebuah hasil aturan model A mencapai delapan, sedangkan pada model B rata-rata mencapai lima variabel. Berikut adalah contoh perbandingan hasil aturan model A dan B. Hasil aturan model A: JIKA relief = agak curam DAN kedalaman mineral tanah = sangat dalam DAN temperatur = 26°C DAN tekstur tanah = sangat halus DAN elevasi = 100-600 mdpl DAN curah hujan = 100-125 mm DAN kapasitas tukar kation = sedang DAN kejenuhan basa = sedang MAKA kelas kesesuaian lahan N. Hasil aturan model B: JIKA relief = curam DAN tekstur tanah = agak kasar DAN temperatur = 23°C DAN elevasi = 700-1600 mdpl DAN curah hujan = 100-125 mm MAKA kelas kesesuaian lahan N.

Berdasarkan evaluasi dan paparan diatas, dapat disimpulkan bahwa model terbaik adalah model A, yang memperoleh jumlah aturan lebih sedikit dan mampu mendefinisikan variabel yang tidak terlalu penting untuk penentuan kesesuaian lahan padi gogo. Berikut adalah sebagian aturan yang dihasilkan oleh model B:

- 1) JIKA relief = landai DAN tekstur tanah = agak halus MAKA kelas kesesuaian lahan S2
- 2) JIKA relief = curam DAN tekstur tanah = agak halus MAKA kelas kesesuaian lahan N
- 3) JIKA relief = sangat curam DAN kapasitas tukar kation = sedang MAKA kelas kesesuaian lahan N
- 4) JIKA relief = curam DAN tekstur tanah = sangat halus DAN temperatur = 24°C MAKA kelas kesesuaian lahan S2
- 5) JIKA relief = curam DAN tekstur tanah = agak kasar DAN temperatur = 25°C DAN elevasi = 100-600 mdpl DAN curah hujan = 100-125 mm DAN kedalaman mineral tanah = dangkal MAKA kelas kesesuaian lahan S3
- 6) JIKA relief = agak curam DAN kedalaman mineral tanah = dalam DAN kapasitas tukar kation = rendah DAN temperatur = 22°C MAKA kelas kesesuaian lahan S3

Hasil aturan yang diperoleh pada model A dan B, kemudian dilakukan visualisasi berupa peta spasial terhadap data sifat tanah dan cuaca di Kabupaten Bogor, sehingga terlihat perbedaan dengan kesesuaian lahan padi gogo versi BBSDLP. Peta kesesuaian lahan padi

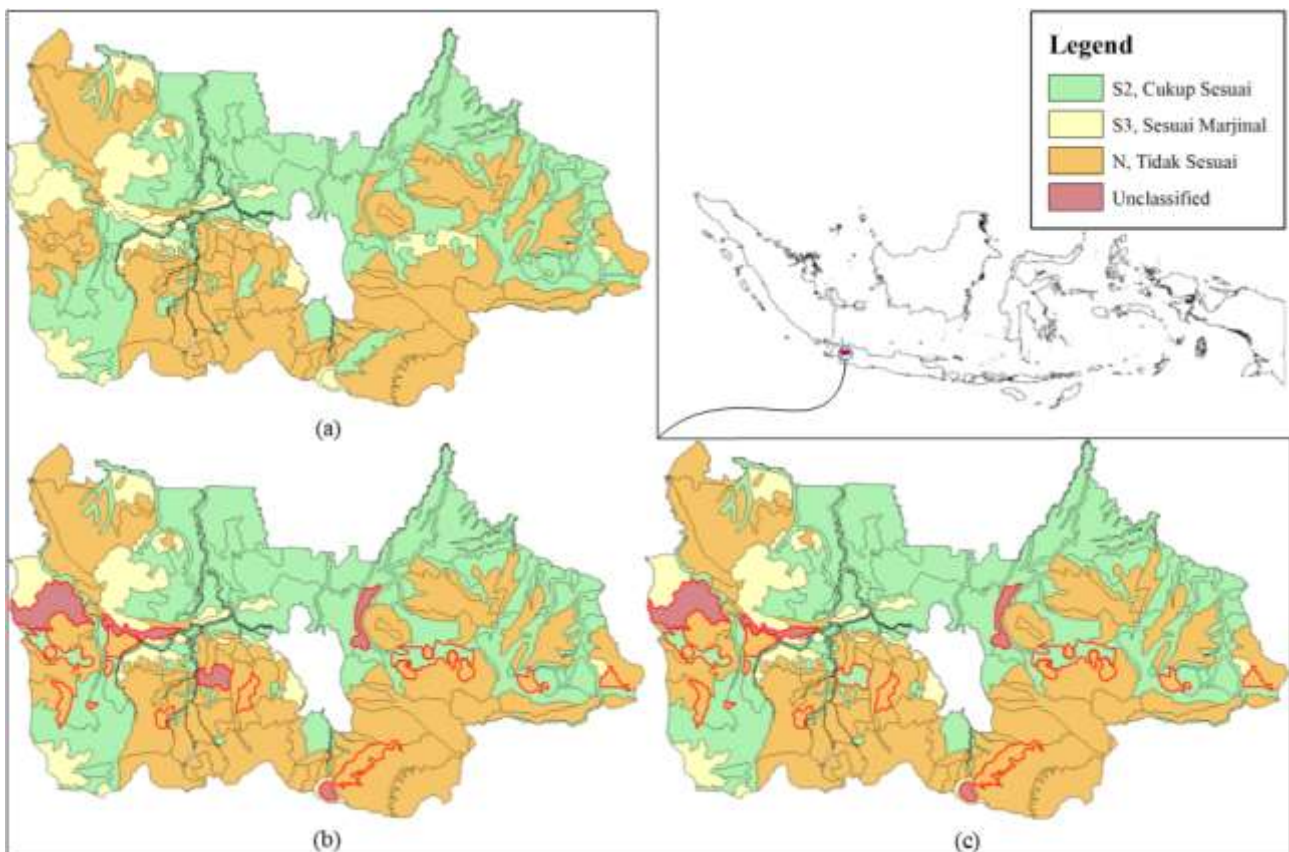


gogo model A, B beserta versi BBSDLP ditunjukkan oleh Gambar 2.

Pada Gambar 2 dapat dilihat perbedaan antara masing-masing kesesuaian lahan padi gogo. Garis merah pada beberapa poligon hasil kesesuaian lahan versi A and B menandakan bahwasanya poligon tersebut salah terklasifikasi berdasarkan data uji yang merupakan kesesuaian lahan versi BBSDLP. Terlihat juga pada Gambar 2, bahwa kesesuaian lahan versi A dan B tidak berbeda secara signifikan, melainkan terlihat sama. Namun, terdapat sebuah kasus yang menjadi perbedaan, yakni sebuah data SPT pada model A tidak dapat diklasifikasikan (bernilai *unclassified*), sedangkan pada model B diklasifikasikan menjadi kelas S2. Sebagai tindaklanjut untuk memberi informasi arahan kesesuaian lahan padi gogo, dilakukan perhitungan luas area pada masing-masing kesesuaian lahan dengan memanfaatkan fungsi `ST_Area` pada DBMS PostgreSQL. Luas arahan penggunaan lahan berdasarkan peta kesesuaian lahan padi gogo di Kabupaten Bogor pada Gambar 2 dapat dilihat pada Tabel V.

Berdasarkan data pada Tabel V, dapat dilihat bahwa ada perbedaan luas area pada masing-masing versi kesesuaian lahan. Contohnya, adanya penurunan pada kelas kesesuaian lahan S2 oleh versi BBSDLP terhadap

hasil yang diperoleh berdasarkan model A dan B. Perbedaan tersebut merupakan implikasi dari hasil akurasi yang diperoleh oleh model A dan B, yakni 87.28%, sehingga menyebabkan kesalahan dalam mengklasifikasikan beberapa data. Dalam mendukung pertumbuhan generasi pertanian, kesesuaian lahan beserta luas yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi bagi pihak terkait dalam mengembangkan kawasan pertanian padi gogo. Meskipun pada Tabel 5 diperoleh hampir mencapai separuh dari lahan di Kabupaten Bogor termasuk kelas N, hal tersebut dapat disiasati dengan memaksimalkan kelas S2 dan S3 sebagai prioritas pengembangan kawasan pertanian padi gogo. Lebih lanjut, berdasarkan FAO [11] suatu kelas kesesuaian lahan dapat ditingkatkan dengan memperbaiki kualitas lahan, sehingga yang awalnya kelas S3 dapat berubah menjadi S2, kemudian kelas S2 dapat meningkat menjadi S1. Perbaikan kualitas lahan dapat dilakukan dengan mengubah suatu nilai pada variabel syarat tumbuh. Misalnya, kemasaman tanah pada suatu lahan awalnya bernilai masam kemudian diubah menjadi agak masam yang merupakan syarat tumbuh kelas S1 dengan menambahkan unsur haranya [8], begitu juga dengan variabel lainnya.



Gambar 2. Peta kesesuaian lahan padi gogo versi (a) BBSDLP, (b) model A, dan (c) model B di Kab. Bogor



TABEL V  
LUAS AREA KESESUAIAN LAHAN PADI GOGO DI  
KABUPATEN BOGOR

Model	Kelas Kesesuaian Lahan	Luas Area (ha)
BBSDLP	S2, Cukup Sesuai	129,967.27
	S3, Sesuai Marjinal	31,192.88
	N, Tidak Sesuai	136,919.21
Model A	S2, Cukup Sesuai	124,973.19
	S3, Sesuai Marjinal	22,793.34
	N, Tidak Sesuai	141,747.90
	Unclassified	8,564.93
Model B	S2, Cukup Sesuai	126,180.73
	S3, Sesuai Marjinal	22,793.34
	N, Tidak Sesuai	141,747.90
	Unclassified	7,357.39

#### IV. PENUTUP

Penelitian ini menghasilkan dua pohon keputusan spasial, yakni model A dan B. Kedua model menjadikan variabel relief sebagai simpul akar yang juga menghasilkan kesamaan tingkat akurasi 87.28%, dengan perbedaan model A memiliki dari 144 aturan, sedangkan model B hanya 69 aturan. Pada model A, keseluruhan variabel dilibatkan dalam pohon keputusan, sedangkan model B tidak melibatkan satu variabel, yakni drainase. Variabel yang tidak terlibat dalam model B menandakan bahwa variabel drainase tidak begitu penting dalam menentukan kesesuaian lahan padi gogo, yang merupakan varietas padi kering. Perbedaan kedua model disebabkan oleh perlakuan yang berbeda, dimana model B merupakan versi optimalisasi berupa penambahan kondisi pada relasi spasial *intersection*, sehingga akan menghasilkan ukuran spasial yang berbeda dari model A dalam perhitungan *entropy* pada algoritme ID3 spasial. Berdasarkan hasil analisis terkait jumlah aturan yang dihasilkan serta nilai kelas *unclassified*, model B dapat dikatakan lebih baik dibandingkan model A, meskipun memiliki tingkat akurasi yang sama. Lebih lanjut, penggunaan faktor cuaca pada penelitian ini dapat dikatakan berhasil/berpengaruh, yang dibuktikan dengan dilibatkannya variabel curah hujan dan temperatur pada dua model yang dihasilkan, sehingga dapat memberikan referensi cuaca dalam menentukan penanaman padi gogo. Sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya, 1) Dibutuhkan sebuah metode optimasi nilai batas *intersection* pada proses SJR selain acuan berdasarkan luas area tanam terkecil agar memperoleh akurasi yang lebih baik. 2) Diperlukan pengujian dengan penerapan hasil aturan pada daerah lain supaya memperoleh analisis yang lebih bervariasi. 3) Untuk memperoleh nilai referensi cuaca yang lebih baik, dapat dilakukan

peramalan cuaca terlebih dahulu sebelum dilakukan interpolasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Teknokrat Indonesia melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) atas dana yang dihibahkan dalam melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS), "Berita resmi statistik: hasil pencacahan lengkap sensus pertanian 2013 dan survei pendapatan rumah tangga usaha pertanian 2013," 2014. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/pressrelease/download.html?nr=vfeve=OTc1&sdfs=ldjfdifsdjkhfahi&twoadfnorfeauf=MjAyMC0wNS0yOCAwOT0NDoyOA%3D%3D>.
- [2] Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian (BPPSDMP), "Rencana strategis 2015 –2019, edisi revisi kedua," 2017. [Online]. Available: [http://sakip.pertanian.go.id/admin/file/RENSTRA\\_BPPSDMP\\_2015-2019.pdf](http://sakip.pertanian.go.id/admin/file/RENSTRA_BPPSDMP_2015-2019.pdf).
- [3] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan (BBSDLP), *Atlas peta kesesuaian lahan dan arahan komoditas pertanian pertanian, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, skala 1:50.000*, 2nd ed. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, 2016.
- [4] L. Nazirah and B. S. J. Damanik, "Pertumbuhan dan hasil tiga varietas padi gogo pada perlakuan pemupukan," *J. Floratek*, vol. 10, no. 1, pp. 54–60, 2015, doi: 10.24815/floratek.v10i1.2329.
- [5] D. Sahara and E. Kushartanti, "Study on upland rice planting system in dry land in Boyolali District, Central Java," *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 24, no. 1, pp. 65–72, 2019, doi: 10.18343/jipi.24.1.65.
- [6] E. Fitria and M. N. Ali, "Kelayakan usahatani padi gogo dengan pola pengelolaan tanaman terpadu (PTT) di Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh," *Widyariset*, vol. 17, no. 3, pp. 425–434, 2014.
- [7] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (PUSDATIN), *Outlook komoditas pertanian sub sector tanaman pangan, padi*. Kementerian Pertanian, 2016.
- [8] D. Djaenudin, M. H., S. H., and A. Hidayat, *Petunjuk teknis evaluasi lahan untuk komoditas pertanian*, 2nd ed. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011.
- [9] L. Qu, Y. Shao, and L. Zhang, "Land suitability evaluation method based on GIS technology," in *2nd International Conference on Agro-Geoinformatics: Information for Sustainable Agriculture, Agro-Geoinformatics*, 2013, pp. 7–12, doi: 10.1109/Argo-Geoinformatics.2013.6621869.

- [10] K. Koperski, J. Han, and N. Stefanovic, "An efficient two-step method for classification of spatial data," in *International Symposium on Spatial Data Handling*, 1998, pp. 45–54, doi: <http://dx.doi.org/10.1.1.12.2505>.
- [11] Food and Agriculture Organization (FAO), *A framework for land evaluation*, 1st ed. Rome (IT): FAO and Agriculture Organization of The United Nations, 1976.
- [12] A. Nurkholis and I. S. Sitanggang, "A spatial analysis of soybean land suitability using spatial decision tree algorithm," in *Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite*, Dec. 2019, no. December, p. 113720I, doi: [10.1117/12.2541555](https://doi.org/10.1117/12.2541555).
- [13] A. Nurkholis and I. S. Sitanggang, "Optimization for prediction model of palm oil land suitability using spatial decision tree algorithm," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 192–200, 2020, doi: [10.14710/jtsiskom.2020.13657](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13657).
- [14] I. S. Sitanggang, R. Yaakob, N. Mustapha, and A. A. B. Nuruddin, "An extended ID3 decision tree algorithm for spatial data," in *IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*, Jun. 2011, pp. 48–53, doi: [10.1109/ICSDM.2011.5969003](https://doi.org/10.1109/ICSDM.2011.5969003).
- [15] I. S. Sitanggang, R. Yaakob, N. Mustapha, and A. A. B. Nuruddin, "Classification model for hotspot occurrences using spatial decision tree algorithm," *J. Comput. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 244–251, Feb. 2013, doi: [10.3844/jcssp.2013.244.251](https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.244.251).
- [16] Y. M. Khoiriyah and I. S. Sitanggang, "A spatial decision tree based on topological relationships for classifying hotspot occurrences in Bengkalis Riau Indonesia," in *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems*, 2014, pp. 268–272, doi: [10.1109/ICACISIS.2014.7065844](https://doi.org/10.1109/ICACISIS.2014.7065844).
- [17] I. S. Sitanggang, R. Yaakob, N. Mustapha, and A. A. N., "A decision tree based on spatial relationships for predicting hotspots in peatlands," *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 12, no. 2, p. 511, Jun. 2014, doi: [10.12928/TELKOMNIKA.v12i2.2036](https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v12i2.2036).
- [18] S. Rinzivillo and F. Turini, "Classification in geographical information systems," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 3202, pp. 374–385, 2004, doi: [10.1007/978-3-540-30116-5\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-540-30116-5_35).
- [19] A. K. Nisyak, F. Ramdani, and Suprpto, "Web-GIS development and analysis of land suitability for rice plant using GIS-MCDA method in Batu city," in *International Symposium on Geoinformatics*, 2017, pp. 24–33, doi: [10.1109/ISYG.2017.8280667](https://doi.org/10.1109/ISYG.2017.8280667).
- [20] S. Mukherjee, A. Mukhopadhyay, A. Bhardwaj, A. Mondal, S. Kundu, and S. Hazra, "Digital elevation model generation and retrieval of terrain attributes using CARTOSAT-1 stereo data," *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 265–271, 2012.
- [21] S. K. Adhikary, N. Muttill, and A. G. Yilmaz, "Cokriging for enhanced spatial interpolation of rainfall in two Australian catchments," *Hydrol. Process.*, vol. 31, no. 12, pp. 2143–2161, 2017, doi: [10.1002/hyp.11163](https://doi.org/10.1002/hyp.11163).
- [22] P. van Oosterom, W. Quak, and T. Tijssen, "About invalid, valid and clean polygons," *Dev. Spat. Data Handl.*, no. January, pp. 1–16, 2005, doi: [10.1007/3-540-26772-7\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-26772-7_1).
- [23] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: concepts and techniques, third edition*, 3rd ed. Waltham (US): Elsevier, 2012.
- [24] M. Sokolova and G. Lapalme, "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," *Inf. Process. Manag.*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009, doi: [10.1016/j.ipm.2009.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002).
- [25] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), "Prakiraan hujan bulanan," *Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 2020. <https://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-hujan-bulanan.bmkg> (accessed Jul. 26, 2020).
- [26] Pusat Data dan Sistem Informasi, "Produksi, luas panen dan produktivitas sayuran di Indonesia," *Kementerian Pertanian Republik Indonesia*, 2016. <https://aplikasi2.pertanian.go.id/bdsp> (accessed Aug. 05, 2020).