

**KAJIAN KARAKTERISTIK LAHAN UNTUK Mendukung Penyusunan  
MODEL Decision Support System (DSS) Optimalisasi Lahan di  
Kabupaten Pangkep**

**STUDY OF LAND CHARACTERISTICS TO SUPPORT THE PREPARATION OF A  
Decision Support System (DSS) Model for Land Optimization in  
Pangkep Regency.**

<sup>1</sup>Nurmiaty, <sup>2</sup>Samsu Arif, <sup>3</sup>Andi Ridwan, <sup>4</sup>Rahmad D., <sup>5</sup>Yunarti

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian,  
Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Pangkep

<sup>2</sup>Departemen Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian,  
Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Pangkep

<sup>4</sup>Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian,  
Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Pangkep

<sup>5</sup>Program Studi Bisnis Internasional, Jurusan Bisnis, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Pangkep

Korespondensi: Nurmiaty, nurmiatyamin1@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.51978/agro.v12i2.700>

**ABSTRACT**

Biophysical characteristics and environmental conditions of land are needed for the development of a Decision Support System (DSS) model for land optimization. The purpose of this study is to examine the characteristics of land cover, and the biophysical and environmental conditions of the land in Pangkep Regency. Suboptimal land identification and analysis of land and climate characteristics are carried out based on secondary data obtained from satellite images, both land cover data in 2022, data in the form of three-dimensional DEM (Digital Elevation Model), and land characteristic data in the form of Land System maps produced by the Geospatial Information Agency. Land cover in the Pangkep Regency area consists of fourteen types of land cover dominated by jungles, rice fields, and ponds. Flat topography with slopes of 0-2% and geological formations of alluvium and coastal deposits, Tonasa Formation, and Sekala Formation are dominant in Pangkep Regency. The dominant soil characteristic in this region is a predominantly lithosol soil type, soil depth >150 cm, Soil pH is slightly acidic (5.6-6.5), clay texture, soil drainage criteria are inhibited and good, soil salinity in the range of 0.33%, C-Organic content with very low and low criteria, medium soil CEC, low total N value with a range of 0.1-0.21% and medium with 0.22-0.51%, Soil potassium content including very low criteria (<10 mg / 100g) is in the range of 0.05 – 0.2 mg / 100g and dominant 0.2 mg / 100g, and rock abundance is 100+. The rainfall in this region is predominantly 2500 mm.th-1 and the average temperature is 23 - 32°C

Keywords: *Decision Support System, biophysic, Digital Elevation Model, land cover*

## ABSTRAK

Karakteristik biofisik dan kondisi lingkungan lahan dibutuhkan untuk Pengembangan Model Decision Support System (DSS) optimalisasi lahan. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji karakteristik penutupan lahan, dan kondisi biofisik serta lingkungan lahan di Kabupaten Pangkep. Identifikasi lahan suboptimal dan analisis karakteristik lahan dan iklim dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari citra satelit, baik data penutupan lahan tahun 2022, data dalam bentuk tiga dimensi DEM (Digital Elevation Model), serta data karakteristik lahan dalam bentuk peta Sistem Lahan yang diproduksi oleh Badan Informasi Geospasial. Penutupan lahan pada wilayah Kabupaten Pangkep terdiri dari empat belas jenis tutupan lahan yang didominasi oleh hutan rimba, sawah, dan tambak. Topografi datar dengan lereng 0-2 % dan formasi geologi Endapan aluvium dan pantai, Formasi Tonasa, dan Formasi Sekala dominan pada Kabupaten Pangkep. Karakteristik tanah yang dominan di wilayah ini adalah jenis tanah yang didominasi litosol, kedalaman tanah >150 cm, kemasaman tanah agak masam (5.6-6.5), tekstur lempung, drainase tanah kriteria terhambat dan baik, salinitas tanah pada kisaran 0.33%, kandungan C-Organik dengan kriteria sangat rendah dan rendah, KTK tanah sedang, nilai N total rendah dengan kisaran 0,1-0,21% dan sedang dengan 0.22-0.51%, kandungan kalium tanah termasuk kriteria sangat rendah (<10 mg/100g) berada dikisaran 0,05 – 0,2 mg/100g dan dominan 0.2 mg/100g, dan kelimpahan batuan 100+. Curah hujan di wilayah ini dominan 2500 mm.th-1 dan temperatur rata-rata 23 - 32°C.

Kata Kunci: *Decision Support System, biofisik, Digital Elevation Model, tutupan lahan*

## PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan 1.49%, maka tahun 2050 penduduk Indonesia akan berjumlah 497.656.000 jiwa dan jika diasumsikan 70% penduduk adalah petani, dan jika laju konversi lahan 110 ribu pertahun terus terjadi (DitJen PLA, 2009)), serta tidak ada penambahan lahan pertanian, maka rasio perkapita lahan pertanian produktif tahun 2050 adalah 0.0455 ha atau 455 m persegi (Baja et al., 2011). Menyikapi keterbatasan lahan potensial (optimal) tersebut, kebijakan pengembangan lahan pangan Kementerian Pertanian RI bergeser ke kawasan-kawasan suboptimal atau memiliki tingkat kerawanan yang tinggi, terutama dari segi erosi, longsor, kekeringan, rawa, dan lainlain, termasuk pada lahan-lahan yang tingkat kesuburannya rendah (Balitbang Pertanian, 2018).

Masalah utama dalam optimalisasi pemanfaatan lahan suboptimal adalah adanya faktor pembatas yang menghambat pertumbuhan tanaman secara normal serta ketidaktepatan manajemen pemanfaatan lahan akibat perbedaan kualitas lahan yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik wilayah. Ketepatan manajemen pemanfaatan lahan dipengaruhi oleh sebaran lahan-lahan, potensi dan pembatas, serta nilai ekonomi lahan, di sisi lain, informasi ini masih sangat kurang, utamanya pada lahan sub-ptimal. Dalam manajemen sumberdaya alam selalu berlaku “mobius triangle”, yakni pertentangan kepentingan antara aspek ekonomi

(efisiensi), lingkungan (keberlanjutan), dan aspek keadilan bagi masyarakat (equity) (Gitelson et al., 2012). Untuk itu, dalam perencanaan manajemen lahan suboptimal memerlukan pertimbangan berbagai aspek yang terintegrasi, baik faktor biofisik lahan, sosial, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan pemerintah.

Rumitnya manajemen pemanfaatan lahan pertanian suboptimal sehingga dibutuhkan pendekatan dengan Decision Support System (DSS) yang user friendly yang akan memudahkan pengambil kebijakan dalam pengambilan keputusan untuk manajemen lahan pangan, termasuk di Kabupaten Pangkep. Pengembangan telah dilakukan oleh (Brown et al., 2005) yang mengembangkan SDSS untuk peningkatan produksi di lahan tropis dan (Churi et al., 2013) yang mengembangkan SDSS untuk peningkatan produksi tanaman di wilayah semi-arid (De La Rosa et al., 1999; Virgil, 1998; dan Kiong Siew Wai et al., 2005) juga menggunakan SDSS untuk pengembangan manajemen lahan. SDSS juga diaplikasikan pada bidang lain seperti bidang kesehatan (De Lima et al., 2019; Yu Lan et al., 2020), dan bidang pendidikan (Batsaris et al., 2021; Eremeev et al., 2022).

Untuk menyusun DSS user friendly pemanfaatan lahan sub-optimal dibutuhkan informasi kesesuaian lahan yang penentuannya berdasarkan karakteristik lahan dan kondisi lingkungan area lahan sub optimal. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dibutuhkan informasi karakteristik lahan dan kondisi lingkungan lahan sub optimal Kabupaten Pangkep dengan mengkaji karakteristik penutupan dan kondisi biofisik serta lingkungan lahan di Kabupaten Pangkep,

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Pangkep yang berlokasi sekitar 60 km dari Ibukota Provinsi Sulawesi. Wilayah ini memiliki lahan berupa pesisir laut, daratan, dan pegunungan yang juga terkenal sebagai daerah pertambangan.

Penelitian yang dilaksanakan untuk mendukung pengembangan Decision Support System (DSS) yang user friendly akan mengkaji dan menghimpun data secara spasial sehingga diperoleh informasi karakteristik dan aspek spasial kondisi biofisik dan iklim lahan Kabupaten Pangkep. Identifikasi lahan dan analisis karakteristik lahan dan iklim dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari citra satelit, baik data penutupan lahan tahun 2022, data dalam bentuk tiga dimensi DEM (*Digital Elevation Model*), serta data karakteristik lahan dalam bentuk peta Sistem Lahan yang diproduksi oleh Badan Informasi Geospasial. Metode ekstraksi informasi menggunakan pendekatan terintegrasi dalam penginderaan jauh, yang meliputi

*normalized vegetation index* (NDVI), *soil vegetation index* (SVI), klasifikasi terbimbing (*supervised*), dan *ground truth*. Indeks vegetasi tersebut digunakan untuk menghitung *gross primary production* (GPP) dari tanaman (Gitelson *et al.*, 2012; Maxwell & Sylvester, 2012). Sedangkan hasil klasifikasi digunakan untuk menghasilkan peta penutupan lahan. Validasi dilakukan berdasarkan hasil *ground truth* (Brown *et al.*, 2005). Data DEM digunakan untuk menurunkan peta kemiringan lereng. Melalui analisis spasial dilakukan overlay antara peta penggunaan lahan, peta kemiringan lereng dan peta Sistem lahan untuk menghasilkan peta tentatif sebagai dasar survei untuk pengambilan sampel di lapangan. Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi secara komprehensif kondisi lapangan pada unit-unit lahan yang telah dipetakan, dan setiap unit lahan dilakukan pengeboran untuk mendapatkan sampel tanah untuk dianalisis di laboratorium. Hasil analisis tersebut disintesis aspek spasial dalam bentuk peta karakteristik lahan yang berisi informasi: kemiringan lereng, kedalaman tanah, tekstur tanah, pH tanah, C Organik, KTK, drainase, salinitas, kelimpahan batuan, tingkat erosi, bahaya banjir, kandungan Posfor, Kalium, serta iklim (curah hujan, suhu dan kelembaban).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Ekstraksi Citra Satelit

#### a. Klasifikasi Multispektral

Citra satelit Landsat 8 wilayah Kabupaten Pangkep diperoleh dari Stasiun akuisisi data dan merupakan data baku yang telah mengalami pengolahan lebih lanjut. Pengolahan yang dimaksudkan meliputi : (1) konversi format data; (2) koreksi geometrik; (3) koreksi radiometrik; (4) penajaman citra; (5) pembuatan citra komposit; dan (6) Klasifikasi multispektral. Setelah mengalami tahapan-tahapan yang disebutkan akhirnya akan menghasilkan data yang siap diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Geografis (SIG).

Citra yang telah dikoreksi secara geometrik dan radiometrik diolah lebih lanjut untuk mendapatkan informasi penutup lahan dengan klasifikasi multispektral. Sebagai awal dari kegiatan klasifikasi multispektral adalah mengamati pengelompokan nilai spektral berdasarkan nilai histogram numerik. Setiap kelompok nilai spektral diidentifikasi secara visual, kemudian dicatat penutup lahan yang memungkinkan pada daerah tersebut. Setiap kelompok menjadi satu kelas sebagai sampel pada *training area*. Untuk memudahkan dalam proses *training area* maka dilakukan penyusunan citra komposit menggunakan 3 band tunggal. Dalam penelitian ini menggunakan kombinasi band 653. Citra komposit dibuat dengan mempertimbangkan nilai

*Optimum Index Factor* (OIF). Nilai OIF menunjukkan nilai variasi spektral yang optimal dalam menyajikan citra komposit dengan jelas. Dengan menggunakan metode pemilahan tingkat kecerahan (*Density Slicing*) setiap kelas dapat diberi warna secara unik untuk memudahkan dalam pengambilan sampel pada *training area*.

Klasifikasi multispektral menggunakan algoritma *maximum likelihood* dengan hasil peta penutupan lahan pada beberapa kelas. Penggunaan algoritma ini banyak digunakan dalam analisis penutupan lahan, seperti yang digunakan oleh (Danoedoro, 2015; Gifari et al., 2023; Pertami et al., 2022). Pemberian nama setiap kelas disajikan secara sederhana. Hasil yang diperoleh diuji berdasarkan data lapangan, dan dinyatakan valid bila kebenaran yang diperoleh dari hasil klasifikasi di atas 87,5%. Menurut Mather (2004), tingkat kebenaran hasil validasi dari proses klasifikasi multispektral minimal 85%, sehingga metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini dianggap sudah valid.

## **b. Penutupan Lahan**

Berdasarkan hasil interpretasi citra dan hasil survey lapangan, ada empat belas jenis tutupan lahan di Kabupaten Pangkep yang didominasi oleh hutan rimba, sawah, dan tambak (Tabel 1 dan Gambar 1). Penutupan lahan berupa hutan rimba meliputi wilayah sebelah Timur memanjang ke sebelah Utara di daerah pegunungan. Sementara sawah dan sawah tadah hujan menyebar di wilayah datar sepanjang pesisir Kabupaten Pangkep dari bagian Selatan ke arah Utara. Wilayah air yang terdiri terdiri atas air danau/Situ, empang, tambak, air tawar sungai dan hutan bakau tersebar di wilayah pesisir sebelah Barat Kabupaten Pangkep. Dengan kondisi penutupan lahan di Kabupaten Pangkep, maka system pengelolaan lahan mulai dari pegunungan sampai wilayah pantai saling mempengaruhi untuk keberlanjutan usaha tani (Arman et al., 2022). Wilayah hutan rimba akan mempengaruhi usahatani yang berlangsung di bawahnya sementara usaha tani sawah akan mempengaruhi keberlanjutan usaha tani tambak dalam hal penggunaan pestisida dan pupuk.

## **2. Karakterisasi Biofisik Lahan**

### **a. Iklim**

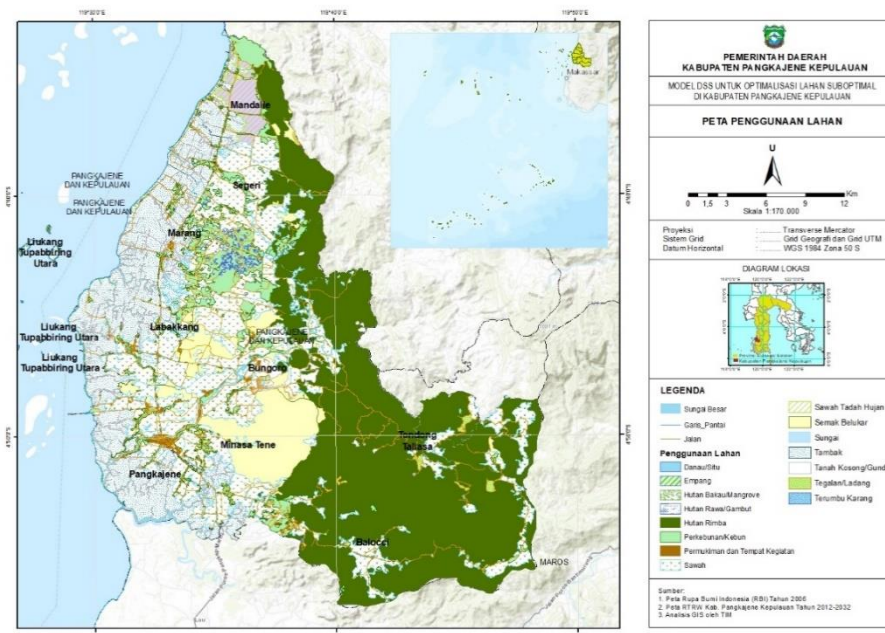
Iklim dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga mengalami perubahan dari waktu ke waktu dan tempat yang berbeda (spasial). Dinamika iklim ini dapat dianalisis dalam rentang waktu yang lama (misalnya 30 tahun), atau dalam rentang waktu yang singkat (misalnya periode penanaman). Dalam manajemen lahan pangan, informasi mengenai dinamika iklim sangat

dibutuhkan, utamanya dalam pengambilan keputusan waktu tanam, jenis komoditi, bahkan jenis varietas yang akan ditanam (Nurmiaty et al., 2019)

Tabel 1. Jenis dan luas penutupan lahan Kabupaten Pangkep, 2023

Penutupan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
Danau/Situ	48,69	0,05
Empang	234,79	0,26
Hutan Bakau/Mangrove	2.253,53	2,53
Hutan Rawa/Gambut	24,22	0,03
Hutan Rimba	31.626,29	35,54
Perkebunan/Kebun	6.837,60	7,68
Permukiman dan Tempat Kegiatan	1.991,35	2,24
Sawah	17.585,17	19,76
Sawah Tadah Hujan	1.141,97	1,28
Semak Belukar	6.949,65	7,81
Sungai	663,16	0,75
Tambak	13.899,83	15,62
Tanah Kosong/Gundul	2.820,62	3,17
Tegalan/Ladang	2.892,48	3,25
Terumbu Karang	30,55	0,03

Sumber: Diolah dari Data BIG, 2023.



Gambar 1. Peta sebaran penutupan lahan Kabupaten Pangkep

## b. Curah Hujan

Curah hujan di Kabupaten Pangkep terdiri dua kategori, yakni 2.500 -3.500 mm.th<sup>-1</sup> dan 3.000-3.500 mm. th<sup>-1</sup> (Tabel 2). Curah hujan 2500 mm.th<sup>-1</sup> meliputi wilayah paling luas, yakni 79.561,1993 ha terjadi di seluruh kecamatan, namun wilayah terluas terdapat di Kecamatan Tondong Tallasa, yakni 79561,1993 ha. Curah hujan paling tinggi yakni 3.000-3.500 mm .th<sup>-1</sup> hanya terjadi sebagian kecil wilayah Kabupaten Pangkep, yaitu di Kecamatan Balocci pada wilayah seluas 29,272385 ha. Penyebaran curah hujan di wilayah Kabupaten Pangkep disajikan pada Gambar 2.

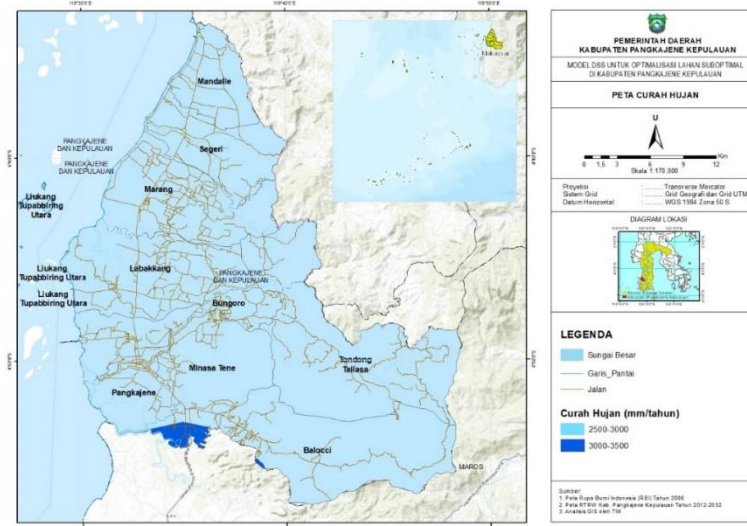
Tabel 2. Curah hujan di wilayah Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (Ha) menurut Curah Hujan (mm/tahun)			
	2500-3000	3000-3500	No Data	Total
Balocci	13.361,62	29,27		13.390,89
Bungoro	9.023,46			9.023,46
Labakkang	10.505,88			10.505,88
Liukang Kalmas	3,34		3.578,52	3.581,86
Liukang Tangaya			4.795,26	4.795,26
Liukang Tupabbiring	86,95		87,36	174,31
Liukang Tupabbiring Utara	244,77		162,36	407,13
Mandalle	4.578,16			4.578,16
Marang	9.560,77			9.560,77
Minasa Tene	7.823,95	777,33		8.601,28
Pangkajene	4.083,01	10,14		4.093,15
Segeri	6.358,58			6.358,58
Tondong Tallasa	13.930,72			13.930,72
<b>Total</b>	<b>79.561,20</b>	<b>816,75</b>	<b>8.623,50</b>	<b>89.001,44</b>

Sumber: Diolah dari Data BIG, 2023.

## c. Temperatur

Temperatur rata-rata tahunan di Kabupaten Pangkep berkisar antara 17°C hingga 32°C, dimana wilayah dengan temperatur rata-rata 23 - 32°C lebih dominan (Tabel 3). Terdapat delapan kecamatan dengan temperatur rata-rata tahun 23-32<sup>0</sup>C, yaitu Balocci, Bungoro, Labakkang, Mandalle, Marrang, Minasate'ne, Pangkajene dan Segeri, dimana wilayah terluas terdapat di kecamatan Labakkang yakni 6,564 ha. Sedangkan temperatur terendah 17-33 hanya di Kecamatan Tondong Tallasa dengan wilayah seluas 1,855 ha yang merupakan wilayah pegunungan.



Gambar 2. Peta sebaran curah hujan di wilayah Kabupaten Pangkep

Tabel 3. Luas wilayah menurut temperatur rata-rata di wilayah Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (ha) menurut temperatur rata-rata (°C)									
	17 - 33	18 - 31	18 - 32	19 - 31	20 - 31	20 - 32	21 - 32	21 - 33	22 - 32	23 - 32
Balocci			1,527	1,015	420	520	724	6,880	899	1,189
Bungora		261	57	1,888	1,347	572		33	541	4,201
Labakkang					331	116			3,484	6,564
Mandalle						1,005			610	2,909
Ma'rang				376	3	898			3,460	4,748
Minasatene			338					3,147	748	4,346
Pangkajene										4,050
Segeri					329	1,373			576	3,846
Tondong Tallasa	1,855	130	1,031	2,494	1,020	1,361	794	3,952	1,061	
<b>Total</b>	<b>1,855</b>	<b>391</b>	<b>2,953</b>	<b>5,773</b>	<b>3,450</b>	<b>5,845</b>	<b>1,518</b>	<b>14,012</b>	<b>11,379</b>	<b>31,853</b>

#### d. Lereng

Kabupaten Pangkep terletak pada wilayah dengan topografi bervariasi dari datar, berbukit sampai bergunung. Hal ini dapat dilihat dari data kemiringan lereng 0-2% hingga >45%. Topografi datar dengan lereng 0-2 % mendominasi wilayah Kabupaten Pangkep, dimana tersebar hampir di setiap kecamatan (Tabel 4).

Informasi kemiringan dan arah lereng sangat diperlukan bagi pengelolaan lahan. Parameter kelerengan juga digunakan untuk klasifikasi beberapa keperluan, misalnya untuk penentuan fungsi lindung dan budidaya. Keterkaitan kelerengan lahan dengan parameter lain cukup dominan. Biasanya pada topografi yang berbeda, yang berarti kemiringan lerengnya



berbeda, maka perkembangan tanahnya juga berbeda. Perbedaan perkembangan tanah juga berarti ada perbedaan karakteristiknya (Nurmiaty & Baja, 2013). Perkembangan tanah juga dipengaruhi oleh arah lereng, karena perbedaan arah lereng akan mempengaruhi kecepatan pelapukan batuan menjadi tanah. Dengan demikian maka kemiringan lereng biasanya mengandung konsekuensi perbedaan tekstur tanah, kondisi drainase, jenis tanaman dan kedalaman tanah.

Tabel 4. Lereng di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Kemiringan Lereng					Total
	0 - 2 %	2 - 5 %	5 - 15 %	15 - 30 %	30 - 45 %	
Balocci	3.279,24	4.705,48	3.680,95	1.444,01	281,21	13.390,89
Bungoro	5.303,12	1.994,09	1.389,93	290,96	45,36	9.023,46
Labakkang	9.960,93	413,81	96,27	30,48	4,39	10.505,88
Liukang Kalmas	3.581,86					3.581,86
Liukang Tangaya	4.795,26					4.795,26
Liukang Tupabbiring	174,31					174,31
Liukang Tupabbiring Utara	407,13					407,13
Mandalle	3.254,73	588,72	532,12	179,42	23,17	4.578,16
Marang	8.300,97	791,42	379,60	85,19	3,58	9.560,77
Minasa Tene	4.887,40	1.238,16	1.375,15	829,27	271,29	8.601,28
Pangkajene	3.950,22	135,03	6,44	1,46		4.093,15
Segeri	4.731,32	858,96	543,37	193,26	31,67	6.358,58
Tondong Tallasa	2.864,38	5.739,43	4.176,28	1.019,55	131,07	13.930,72
<b>Total</b>	<b>55.490,87</b>	<b>16.465,11</b>	<b>12.180,10</b>	<b>4.073,61</b>	<b>791,75</b>	<b>89.001,44</b>

#### e. Geologi

Wilayah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan didominasi oleh formasi geologi Endapan aluvium dan pantai, Formasi Tonasa, dan Formasi Sekala (Tabel 5). Batu gamping formasi Camba, formasi Camba, dan Bantuan gunung api terpropiltkan merupakan jenis formasi yang luas tutupan areanya relatif kecil.

#### f. Tanah

##### 1) Jenis Tanah

Wilayah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan terbentuk dari beberapa jenis tanah yang didominasi litosol yang menempati area sekitar 43.170,92 ha atau 48,51% dari total wilayah (Tabel 6). Jenis tanah lain yang cukup dominan adalah podsolik merah dan mediteran coklat yang masing-masing menempati area seluas 12.656,17 ha atau 14,22% dan 8.555,61 ha atau

9,61%. Peta sebaran jenis tanah kabupaten Pangkajene dan Kepulauan disajikan pada Gambar 3.

Tabel 5. Formasi Geologi di Kabupaten Pangkep

FORMASI GEOLOGI	LUAS (ha)
Batuan Gunungapi Formasi Camba	6.882,43
Batuan Gunung Api Lompobatang	2.819,04
Batuan Gunungapi Terpropilitkan	947,47
Batuan Terobosan	3.009,01
Batu Gamping Formasi Camba	45,25
Endapan Aluvium Dan Pantai	27.520,72
Formasi Camba	1.288,33
Formasi Sekala	10.121,74
Formasi Tonasa	19.713,41
Kompleks Melange	4.120,39
Kompleks Tektonik Bantimala	3.575,09
Tidak ada data	8.958,56
<b>Total</b>	<b>89.001,44</b>

Sumber: Diolah dari Data BIG, 2023.

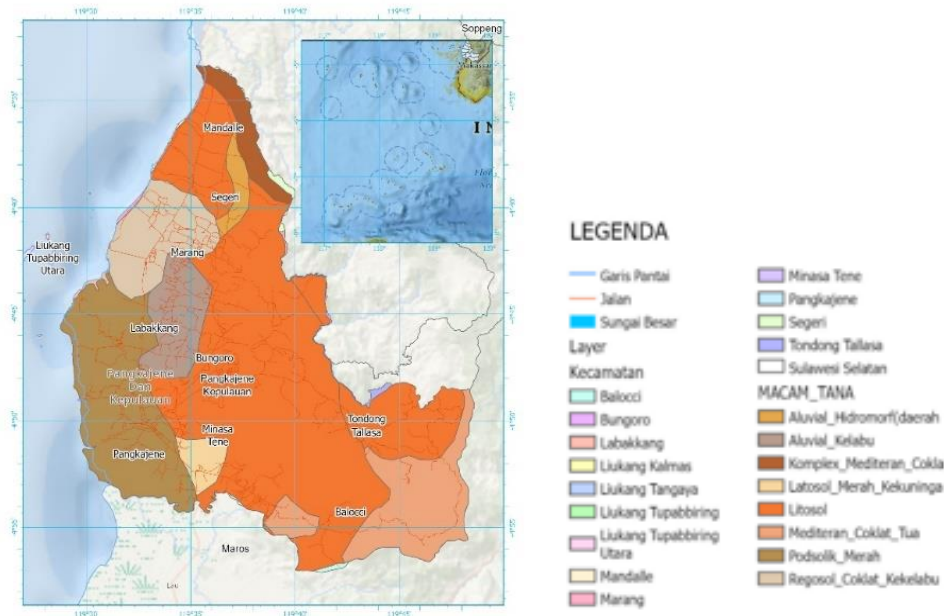
Tabel 6. Jenis tanah di Kabupaten Pangkep

Jenis Tanah	Luas (ha)	Persentase
Aluvial Hidromorf (Daerah Kering)	1.201,10	1,35
Aluvial Kelabu	4.474,64	5,03
Komplex Mediteran Coklat Kekelabuan	2.336,50	2,63
Latosol Merah Kekuningan	1.475,12	1,66
Litosol	43.170,92	48,51
Mediteran Coklat Tua	8.555,61	9,61
Podsolik Merah	12.656,17	14,22
Regosol Coklat Kekelabuan	6.172,82	6,94
Tidak Ada Data	8.958,56	10,07
<b>Total</b>	<b>89.001,44</b>	<b>100</b>

Sumber: Diolah dari BIG, 2023.

## 2) Kedalaman Tanah

Kedalaman tanah dalam kajian ini diukur sampai > 150 cm, dengan pertimbangan untuk pengembangan tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan, sehingga dengan karakterisasi kedalaman tanah dengan nilai tersebut cukup memadai. Kedalam tanah sangat penting bagi pengembangan berbagai jenis tanaman, karena berhubungan dengan perkembangan akar dimana kedalaman batuan dan muka air tanah menjadi faktor pembatas.



Gambar 3  
Peta sebaran jenis tanah di Kabupaten Pangkep

Kabupaten Pangkep memiliki kadalaman tanah yang bervariasi dan kedalaman tanah >150 cm ditemukan pada semua kecamatan dengan total luas wilayah 42,634 ha yang dominan di Kecamatan Labakkang (Tabel 7). Umumnya kedalaman tanah seperti ini berada pada wilayah dengan kondisi lereng yang datar. Kedalaman tanah efektif yang paling dangkal yakni 0-10 cm ditemukan pada tujuh wilayah kecamatan dengan luas secara keseluruhan 17,186 Ha, dimana wilayah terluas di terdapat di Kecamatan Balocci Kecamatan Tondong Tallasa, Kecamatan Minasa Te'ne dan Kecamatan Bungoro. Kedalaman tanah yang sangat dangkal dengan topografi kemiringan lereng tinggi, seperti di wilayah Kecamatan Balocci dan Kecamatan Tondong Tallasa yang sebagian besar wilayahnya memiliki topografi 8% hingga >40%, rawan terhadap bahaya erosi dan bahaya banjir. Oleh karena itu pengolahan tanah dan jenis tanaman sangat berpengaruh terhadap kegiatan usaha tanah di wilayah ini.

Kedalaman tanah efektif berpengaruh terhadap kepekaan tanah pada erosi (Baja et al., 2014). Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah sehingga mempengaruhi aliran permukaan. Kedalaman tanah sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Tanah yang dangkal akan terbatas kemampuannya dalam menyediakan air dan unsur-unsur hara lainnya. Disamping itu kedalaman tanah sangat menentukan lahan bisa diolah atau tidak. Pada tanah yang dangkal, pengolahan tanah justru akan membalik sub soil ke atas yang berakibat terganggunya pertumbuhan tanaman.

Tabel 7  
Kedalaman Tanah efektif perkecamatan di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (ha) menurut kedalaman tanah (cm)				
	0-10	26-50	76-100	101-150	>150
Balocci	7,087.69	1,015.24	1,739.31	1,243.74	2,087.46
Bungora	1,465.25	1,888.10	232.35	571.99	4,742.00
Labakkang	330.79			115.90	10,048.38
Mandalle				1,005.34	3,518.99
Ma'rang	2.95	375.86		897.85	8,208.75
Minasatene	3,147.00		338.06		5,094.47
Pangkajene					4,049.88
Segeri	328.57			1,373.08	4,422.86
Tondong Tallasa	4,822.92	2,204.99	2,053.53	4,155.42	461.51
<b>TOTAL</b>	<b>17,185.17</b>	<b>5,484.19</b>	<b>4,363.24</b>	<b>9,363.31</b>	<b>42,634.30</b>

### 3) Kemasaman tanah

Kemasaman tanah di Kabupaten tergolong masam hingga netral dimana kriteria agak masam (5.6-6.5) meliputi wilayah paling luas tersebar di semua kecamatan, sedangkan kemasaman tanah dengan kriteria netral (6,6-7,5) hanya tersebar di empat kecamatan (Mandalle, Ma'rang, Segeri dan Tondong Tallasa) dengan wilayah yang tidak terlalu luas (Tabel 8). Wilayah dengan kemasaman tanah dengan kriteria masam (4,5-5,5) meliputi wilayah seluas 14.012 ha tersebar di empat kecamatan (Balocci, Bungoro, Minasatene dan Tondong Tallasa). Berdasarkan data tersebut, maka wilayah Kabupaten didominasi kemasaman tanah agak masam., dimana wilayahnya tersebar di wilayah pesisir (area tambak) dan area persawahan.

Tabel 8. Kemasaman tanah per kecamatan di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (Ha) menurut pH H <sub>2</sub> O															
	5,19	5,59	5,63	5,66	5,67	5,87	5,88	5,89	5,97	6,12	6,13	6,22	6,27	6,60	6,80	6,82
Balocci	6.880	724	1.015	207	212	899			1.527	1.189			520			
Bungoro	33		1.888	1.171	175	541		261	57	4.201			572			
Labakkang				331		3.484				6.564			116			
Mandalle						610				2.777			1.005		132	
Ma'rang			376	3		3.460	1			4.132			897		616	
Minasatene	3.147					748			338	4.346						
Pangkajene										4.050						
Segeri				329		576	39			3.517			1.334		329	
Tondong Tallasa	3.952	615	2.205	741	279	462		130	1.031		1.855	289	1.395	179		565
<b>Total</b>	<b>14.012</b>	<b>1.339</b>	<b>5.484</b>	<b>2.782</b>	<b>667</b>	<b>10.780</b>	<b>39</b>	<b>391</b>	<b>2.953</b>	<b>30.777</b>	<b>1.855</b>	<b>289</b>	<b>5.840</b>	<b>179</b>	<b>1.077</b>	<b>565</b>

### 4) Tekstur

Tekstur tanah di Kabupaten Pangkep dibedakan atas lima kriteria, yakni lempung, lempung berdebu, lempung berliat, lempung berpasir, dan liat, dimana kriteria lempung paling dominan

dan tersebar di seluruh kecamatan (Tabel 9). Tekstur lempung berpasir hanya terdapat di Kecamatan Tondong Tallasa dengan luas area sebesar 599 ha. Wilayah Kecamatan Balocci dan Tondong Tallasa yang merupakan wilayah dengan topografi yang berbukit hingga bergunung didominasi tekstur liat. Kriteria tekstur tanah lempung yang mendominasi wilayah kabupaten Pangkep tersebar di wilayah pesisir dengan topografi datar sedangkan tesktur liat tersebar di wilayah berbukit hingga bergunung.

Tabel 9. Tekstur tanah per kecamatan di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas Wilayah (Ha) menurut Tekstur tanah				
	lempung	Lempung berdebu	lempung berliat	lempung berpasir	liat
Balocci	2,716	728	1,622		8,108
Bungora	4,519	1,743	541		2,096
Labakkang	6,564	447	3,484		
Mandalle	2,777	1,005	742		
Ma'rang	4,132	900	4,077		376
Minasatene	4,684		748		3,147
Pangkajene	4,050				
Segeri	3,556	1,663	905		
Tondong Tallasa	2,015	3,392	1,256	599	6,436
<b>Total</b>	<b>35,013</b>	<b>9,878</b>	<b>13,375</b>	<b>599</b>	<b>20,163</b>

## 5) Drainase

Drainase tanah dengan kriteria terhambat yang tersebar pada wilayah dengan luas sebesar 28.378 ha merupakan tingkat drainase paling dominan di Kabupaten Pangkep di samping tingkat drainase baik (Tabel 10). Drainase terhambat tersebar wilayah persawahan dan wilayah pesisir yang merupakan tambak dan rawa, sedangkan drainase dengan kriteria baik tersebar di wilayah pegunungan sebelah Timur Kabupaten Pangkep pada wilayah dengan penutupan lahan jenis hutan rimba. Tanah dengan kriteria drainase baik memiliki konduktivitas hidrolik sedang dan daya menahan air sedang, lembab, tapi tidak cukup basah dekat permukaan. Tanah dengan kriteria drainase baik cocok untuk berbagai tanaman. Sedangkan tanah dengan drainase terhambat mempunyai konduktivitas hidrolik rendah dan daya menahan air (pori air tersedia) rendah sampai sangat rendah, tanah basah untuk waktu yang cukup lama sampai permukaan. Tanah demikian cocok untuk padi sawah dan sebagian kecil tanaman lainnya. Parameter kondisi drainase perlu dicatat dalam kaitannya untuk penentuan klasifikasi baik kemampuan maupun kesesuaian lahan. Parameter ini dibutuhkan mengingat pengaruhnya yang besar pada pertumbuhan tanaman.

Tabel 10. Drainase tanah di wilayah Kabupaten Pangkep

Kriteria Drainase	Luas (ha)
Baik	26.098
Agak Baik	10.753
Agak Cepat	13.784
Terhambat	28.378

## 6) Salinitas

Salinitas tanah pada kisaran 0.33% meliputi wilayah terluas di Kabupaten Pangkep tersebar di delapan kecamatan terutama di wilayah pesisir dan persawahan yang sebagian wilayah berada di wilayah berbukit (Tabel 11). Air hujan maupun air irigasi yang masuk ke dalam tanah membawa garam-garaman yang lalu menumpuk di permukaan tanah akibat aksi kapilaritas ketika suplai air terhenti dan evaporasi tinggi terjadi. Garam merupakan senyawa alami yang berada pada tanah dan air. Ion garam yang berkontribusi pada peningkatan kadar garam tanah yaitu:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Cl}^-$ . Akumulasi garam hingga menyebabkan lanskap tertutup sepenuhnya dapat menyebabkan air sulit menembus ke dalam tanah sebelum melarutkan garam-garaman tersebut. Sepanjang waktu, mineral tanah tercuci dan melepaskan garam. Garam-garaman ini lalu terbilas dan terdrainase keluar dari wilayah dengan tingkat presipitasi yang tinggi. Namun di daerah kering, garam-garaman dapat terakumulasi karena ketiadaan air yang membilas garam-garaman ini sehingga terbentuk tanah yang asin.

Tabel 11. Salinitas tanah di wilayah Kabupaten Pangkep

Kecamatan/Desa	Luas wilayah (Ha) menurut Salinitas tanah (%)										
	0.16	0.18	0.19	0.20	0.24	0.25	0.26	0.28	0.33	0.35	1.50
Balocci		6,880.25	2,646.15	723.55	207.44	1,527.10			1,188.95		
Bungora		32.70	3,176.10		1,171.44	56.93		261.12	4,201.40		
Labakkang			3,600.22		330.79				6,564.06		
Mandalle			1,615.47						2,777.22		131.64
Ma'rang			4,733.61		2.95		0.58		4,131.89		616.39
Minasatene		3,147.00	748.24			338.06			4,346.23		
Pangkajene									4,049.88		
Segeri			1,910.90		328.57		38.63		3,517.38		329.03
Tondong Tallasa	1,855.44	3,951.82	4,905.74	615.37	741.10	1,030.56		419.34		179.00	
<b>Total</b>	<b>1,855.44</b>	<b>14,011.76</b>	<b>23,336.42</b>	<b>1,338.92</b>	<b>2,782.28</b>	<b>2,952.66</b>	<b>39.21</b>	<b>680.46</b>	<b>30,777.01</b>	<b>179.00</b>	<b>1,077.06</b>

## 7) C-Organik

Kandungan C-organik dibedakan atas tiga kriteria, yakni sangat rendah (<1%) rendah (1-2%) dan sedang (2-3%). Umumnya tanah-tanah di wilayah Kabupaten Pangkep memiliki

kandungan C-Organik dengan kriteria sangat rendah dan rendah (Tabel 12). Tanah dengan kategori kandungan C-organik rendah tersebut terutama tanah yang berada diwilayah pesisir dan persawahan, juga sebagian kecil wilayah di daerah bergunung.

Tabel 12. Kandungan C-Organik tanah di wilayah Kabupaten Pangkep

C Organik (ppm)	Luas (ha)
0,36	30.777,00
0,66	1.855,44
0,8	179,00
0,89	2.782,28
1,03	1.077,06
1,07	39,21
1,14	391,13
1,17	1.338,92
1,3	666,55
1,32	5.840,42
1,36	14.011,80
1,55	565,03
1,63	5.484,19
1,75	10.780,20
2,19	2.952,66
2,41	289,33

## 8) Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kriteria KTK tanah di Kabupaten Pangkep dibedakan atas, sangat rendah (<5), rendah (5-16), sedang (17-24) dan tinggi (25-40). KTK tanah di wilayah Kabupaten Pangkep dominan sedang yang tersebar pada seluruh wilayah Kecamatan, kecuali di wilayah Kecamatan Tondong Tallasa (Tabel 13). Wilayah pesisir dan persawahan memiliki KTK yang rendah, edangkan KTK tinggi berada di wilayah dengan penutupan lahan hutan rimba di wilayah pegunungan sebelah Timur.

Tabel 13. Kapasitas Tukar Kation (KTK) per kecamatan di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (Ha) menurut KTK tanah (me/100 g)															
	2.28	9.60	10.02	10.91	11.29	12.97	14.03	14.38	16.16	17.14	17.72	24.97	28.88	29.83	30.84	33.24
Balocci		207			724	899	6,880		1,189	212		520	1,527	1,015		
Bungora		1,171				541	33		4,201	175	261	572	57	1,888		
Labakkang		331				3,484			6,564			116				
Mandalle				132		610			2,777			1,005				
Ma'rang		3		616		3,460		1	4,132			897		376		
Minasatene						748	3,147		4,346				338			
Pangkajene									4,050							
Segeri		329		329		576		39	3,517			1,334				
Tondong Tallasa	1,855	741	565		615	462	3,952			279	130	1,395	1,031	2,205	179	289
Total	1,855	2,782	565	1,077	1,339	10,780	14,012	39	30,777	667	391	5,840	2,953	5,484	179	289

## 9) Nitrogen

Kisaran nilai N total tanah di Kabupaten Pangkep sebesar 0,16 hingga 1,5% yang didominasi tanah dengan kandungan Nitrogen rendah dan sedang. Nilai N total dengan kisaran 0,1-0,21% termasuk kriteria *rendah* meliputi wilayah yang cukup luas dengan total luas area 40.542,54 ha, sedangkan kriteria *sedang* berada di kisaran 0.22-0.51% menempati area sebesar 37.410,62, dan Kriteria sangat tinggi 1,5% hanya berada pada area sebesar 1.077,06 ha (Tabel 14).

Tabel 14. Nilai N total tanah di Kabupaten Pangkep

Kadar Nitrogen tanah (%)	Luas (ha)
0,16	1.855,44
0,18	14.011,76
0,19	23.336,42
0,2	1.338,92
0,24	2.782,28
0,25	2.952,66
0,26	39,21
0,28	680,46
0,33	30.777,01
0,35	179,00
1,5	1.077,06

## 10) Kalium

Kandungan kalium tanah di wilayah kabupaten Pangkep termasuk kriteria sangat rendah (<10 mg/100g) dimana hanya berada di kisaran 0,05 – 0,2 mg/100g (Tabel 15). Kadar Kalium tanah 0.2 mg/100g yang menempati area terluas tersebar di seluruh wilayah kecamatan, kecuali di wilayah Kecamatan Tondong Tallasa. Sedangkan kandungan kalium 0.05 meliputi wilayah yang terendah ahany terdapat di wilayah Kecamatan Tondong Tallasa.

## 11) Kelimpahan Batuan

Kelimpahan batuan 100+ meliputi wilayah terluas di Kabupaten Pangkep yang tersebar baik di wilayah datar/pesisir (area tambak dan persawahan) maupun di wilayah pegunungan dengan tutupan lahan hutan rimba (Tabel 16). Kelimpahan batuan 100+ yang berarti batuan permukaan yang tidak ada, sedangkan kelimpahan batuan 66% meliputi wilayah terkecil yakni 391,125 ha. Adapun kelimpahan batuan 33% meliputi wilayah yang berada di daerah pegunungan kars di wilayah Kecamatan Tondong Tallasa dan Kecamatan Balocci.



Tabel 15. Kandungan kalium (K) menurut wilayah kecamatan di Kabupaten Pangkep

Kecamatan	Luas wilayah (Ha) menurut Kalium tanah (mg/100g)					
	0.05	0.06	0.07	0.09	0.16	0.2
Balocci			6,880	899	207	1,189
Bungora			33	541	1,171	4,201
Labakkang				3,484	331	6,564
Mandalle				610		2,777
Ma'rang		1		3,460	3	4,132
Minasatene			3,147	748		4,346
Pangkajene						4,050
Segeri		39		576	329	3,517
Tondong Tallasa	1,855	565	3,952	462	741	
<b>Total</b>	<b>1,855</b>	<b>605</b>	<b>14,012</b>	<b>10,780</b>	<b>2,782</b>	<b>30,776</b>

Tabel 16. Kelimpahan batuan di Wilayah Kabupaten Pangkep

Kelimpahan Batuan (%)	Luas (ha)
33	14.011,76
66	391,125
77	1.338,917
83	2.952,659
89	10.780,24
100+	49.555,53

## KESIMPULAN

Penutupan lahan pada wilayah Kabupaten Pangkep terdiri dari empat belas jenis tutupan lahan yang didominasi oleh hutan rimba, sawah, dan tambak. Topografi datar dengan lereng 0-2 % dan formasi geologi Endapan aluvium dan pantai, Formasi Tonasa, dan Formasi Sekala dominan di wilayah ini. Karakteristik tanah yang dominan di wilayah ini adalah jenis tanah yang didominasi litosol, kedalaman tanah >150 cm, kemasaman tanah agak masam (5.6-6.5), tekstur lempung, drainase tanah kriteria terhambat dan baik, salinitas tanah pada kisaran 0.33%, kandungan C-Organik dengan kriteria sangat rendah dan rendah, KTK tanah sedang, nilai N total rendah dengan kisaran 0,1-0,21% dan sedang dengan 0.22-0.51%, kandungan kalium tanah termasuk kriteria sangat rendah (<10 mg/100g) berada dikisaran 0,05 – 0,2 mg/100g dan dominan 0.2 mg/100g, dan kelimpahan batuan 100+. Curah hujan di wilayah ini dominan 2500 mm.th-1 dan temperatur rata-rata 23 - 32°C. Informasi karakteristik lahan di wilayah Kabupaten Pangkep tersebut seyogyanya dianalisis lebih lanjut untuk menentukan klasifikasi kemampuan dan kesesuaian lahan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arman, A., Latief, R., & Tato, S. (2022). Pengaruh Pemanfaatan Lahan Kawasan Pesisir Sumpang Minangae Kota Parepare Pasca Rehabilitasi Mangrove. *Journal of Aquaculture and Environment*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.35965/jae.v5i1.2021>
- Baja, S., Nurmiaty, & Arif, S. (2014). GIS-based soil erosion modeling for assessing land suitability in the urban watershed of tallo river, South Sulawesi, Indonesia. *Modern Applied Science*, 8(4), 50–60. <https://doi.org/10.5539/mas.v8n4p50>
- Baja, S., Ramlan, A., & Ramli, M. (2011). Spatial-based fuzzy classification of land suitability index for agriculture development: A model validation perspective. *Proceedings of the International Conference on Evolutionary Computation Theory and Applications and International Conference on Fuzzy Computation Theory and Applications*, 435–440. <https://doi.org/10.5220/0003653604350440>
- Balitbang Pertanian. (2018). Laporan Tahunan 2018. In *Sereal Untuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Batsaris, M., Kavroudakis, D., Hatjiparaskevas, E., & Agourogianis, P. (2021). Spatial Decision Support System for Efficient School Location Allocation. *European Journal of Geography*, 12(4), 31–044. <https://doi.org/10.48088/ejg.m.bat.12.4.031.044>
- Brown, D. G., Page, S., Riolo, R., Zellner, M., & Rand, W. (2005). Path dependence and the validation of agent-based spatial models of land use. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2), 153–174. <https://doi.org/10.1080/13658810410001713399>
- Churi, A. J., Mlozi, M. R. S., Mahoo, H., Tumbo, S. D., & Casmir, R. (2013). A Decision Support System for Enhancing Crop Productivity of Smallholder Farmers in Semi-Arid Agriculture. *International Journal of Information and Communication Technology Research*, 3(8), 238–248.
- Danoedoro, P. (2015). Pengaruh Jumlah dan Metode Pengambilan Titik Sampel Penguji terhadap Tingkat Akurasi Klasifikasi Citra Digital Penginderaan Jauh. *Simposium Nasional Sains Geoinformasi Ke-4, November 2015*.
- De La Rosa, D., Mayol, F., Moreno, J. A., Bonsón, T., & Lozano, S. (1999). An expert system/neural network model (ImpelERO) for evaluating agricultural soil erosion in Andalusia region, southern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 73(3), 211–226. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00050-X)
- De Lima, L. M. M., De Sá, L. R., Dos Santos MacAmbira, A. F. U., De Almeida Nogueira, J., De Toledo Vianna, R. P., & De Moraes, R. M. (2019). A new combination rule for Spatial Decision Support Systems for epidemiology. *International Journal of Health Geographics*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12942-019-0187-7>
- DitJen PLA. (2009). *Pedoman Teknis Reklamasai Lahan* (p. 52). Departemen Pertanian.
- Eremeev, A. P., Poliushkin, I. A., & Sergeev, M. D. (2022). Instrumental Software Environment for Teaching Students the Technology of Designing Intelligent Decision Support Systems. *2022 VI International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/Inforino53888.2022.9782936>.
- Gifari, O. I., Kusriani, K., & Yuana, K. A. (2023). Analisis Perubahan Tutupan Lahan

- Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Pada Data Citra Penginderaan Jauh Kota Samarinda-Kalimantan Timur. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 18(2), 71. <https://doi.org/10.30872/jim.v18i2.5716>
- Gitelson, A. A., Peng, Y., Masek, J. G., Rundquist, D. C., Verma, S., Suyker, A., Baker, J. M., Hatfield, J. L., & Meyers, T. (2012). Remote estimation of crop gross primary production with Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 121, 404–414.
- Kiong Siew Wai, Abd. Latif B. Abdul Rahman, Mohd Fairuz Zaiyadi, & Azwan Abd Aziz. (2005). *Expert System in Real World Applications*. Generation5. [http://www.generation5.org/content/2005/Expert\\_System.asp](http://www.generation5.org/content/2005/Expert_System.asp)
- Mather, P. M. (2004). *Computer Processing of Remotely-Sensed Image: An Introduction* (3rd ed.). John Wiley & Sons Ltd.,
- Nurmiaty, & Baja, S. (2013). Spatial Based Assessment of Land Suitability and Availability for Maize (*Zea mays* L.) Development in Maros Region, South Sulawesi, Indonesia. *Open Journal of Soil Science*, 03(05), 244–251. <https://doi.org/10.4236/ojss.2013.35029>
- Nurmiaty, Baja, S., Arif, S., Ridwan, A., Rahmad, D., & Sukmawati. (2019). Developing Agricultural Land Geospatial Information in Supporting Regional Food Resilience. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 279. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/279/1/012005>
- Pertami, D., Nuarsa, I. W., & Nurweda Putra, I. D. N. (2022). Pemetaan Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Tahun 2013 dan 2019. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2022.v05.i01.p03>
- Virgil, V. (1998). A Decision Support System for Sustainability Land Management: Structure and Function. *Research Institute for Soil Science and Agrochemistry*, 61.
- Yu Lan, Tang, W., Dye, S., & Delmelle, E. (2020). A web-based spatial decision support system for monitoring the risk of water contamination in private wells. *Annals of GIS*, 26(3), 293–309. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1798508>