



Original Article

Inventarisasi Karakteristik Biofisik dan Strategi Pengelolaan Lahan Marginal Dataran Banjir di Nagari Duku Kabupaten Pesisir Selatan

Afdiron Novinda¹, Peri Hariyanto² ✉, Andika Firma Deni³, Sritirta⁴,
Jamilah⁵, Osronita⁶

^{1,2,3}Universitas Taman Siswa, Indonesia

Correspondence Author: perihariyanto14@gmail.com

Abstract:

Floodplain marginal lands are constrained by complex interactions between soil properties and hydrological regimes, limiting their agricultural productivity without targeted management interventions. This study aimed to characterize marginal land conditions in Nagari Duku, Koto XI Tarusan Sub-district, Pesisir Selatan Regency, to support the formulation of sustainable land management strategies. A structured literature-based analysis was conducted by synthesizing recent studies on floodplain hydrology, soil physical and chemical characteristics, and flood vulnerability mapping derived from geospatial and digital soil datasets. Soil attributes and flood dynamics were interpreted using government reports, peer-reviewed publications, and regional flood modeling studies representing comparable geomorphological and land-use conditions. The findings indicate that Nagari Duku constitutes an active floodplain dominated by sandy loam soils with relatively high bulk density, low porosity, low organic carbon content (approximately 1.3–1.6%), and strongly acidic soil reaction (pH 4.5–4.9). The landscape is further characterized by shallow soil depth on sloping areas, moderate to steep slopes with elevated erosion risk, and recurrent seasonal inundation in low-lying zones. Land suitability assessment classifies most areas as moderately suitable to marginally suitable for agricultural use, with several units physically unsuitable without engineering measures. These conditions necessitate integrated management approaches combining soil organic matter enhancement, soil and water conservation, land capability-based cropping systems, and spatially informed planning. This study provides a robust biophysical baseline to inform sustainable land management and policy development at the local scale.

Keywords: Marginal Land, Floodplain, Biophysical Characteristics, Land Suitability, Sustainable Management

Submitted	: 14 January 2026
Revised	: 19 January 2026
Acceptance	: 21 January 2026
Publish Online	: 25 January 2026

Pendahuluan

Lahan marginal merupakan lahan yang memiliki keterbatasan biofisik signifikan sehingga produktivitas pertaniannya rendah tanpa penerapan teknologi pengelolaan intensif (Kaur et al., 2020). Dataran banjir di kawasan tropis basah sering mengalami degradasi lahan akibat kombinasi faktor hidrologi ekstrem, sifat tanah yang miskin hara, dan tekanan penggunaan lahan yang tidak sesuai kemampuannya (Rupngam & Messiga, 2024). Fenomena ini menjadi perhatian global karena lahan marginal mencakup area yang luas namun kurang dimanfaatkan secara optimal, sementara tekanan terhadap lahan produktif terus meningkat seiring pertumbuhan populasi. Nagari Duku, yang terletak di Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat, merupakan wilayah dataran rendah yang berada pada zona peralihan antara perbukitan Pegunungan Barisan dan dataran rendah aluvial yang mengikuti jalur Sungai Batang Tarusan. Wilayah ini secara periodik mengalami banjir yang disebabkan oleh luapan sungai, terutama pada musim hujan dengan intensitas tinggi. Kejadian banjir pada awal Januari 2025 tercatat merendam lebih dari 889 rumah di beberapa kampung, termasuk Duku Benteng dan Simaung Cumateh, serta menggenangi lahan pertanian warga dalam waktu yang cukup lama. Kondisi hidrologi ini membentuk karakteristik lahan lokal yang khas, khususnya terkait kejenuhan air, stabilitas agregat tanah, dan dinamika sedimentasi.

Penelitian terbaru pada dataran banjir DAS Tarusan menunjukkan bahwa lahan pertanian kering dekat sungai didominasi tekstur sandy loam dengan bulk density relatif tinggi, porositas lebih rendah dibanding lahan sawah, kandungan C-organik yang rendah (sekitar 1,3-1,6%), dan pH tanah masam (sekitar 4,5-4,9) (Sandi et al., 2025). Kombinasi tekstur berpasir, bahan organik rendah, dan pH masam berimplikasi pada rendahnya kapasitas simpan air dan hara, sehingga membatasi produktivitas pertanian tanpa masukan pengelolaan khusus (Kuśmierz et al., 2023). Dinamika banjir juga mengubah stabilitas agregat tanah melalui proses slaking dan pemecahan agregat yang dipicu oleh siklus perendaman-pengeringan cepat (Nsabimana et al., 2025).

Secara konseptual, lahan yang sering tergenang, memiliki tekstur kasar, dan kandungan bahan organik rendah dikategorikan sebagai lahan marginal karena keterbatasan fisik-kimia yang menghambat produksi optimal tanpa teknologi konservasi dan ameliorasi tanah yang memadai (Corwin, 2020). Di dataran banjir, fluktuasi muka air dan perendaman berkepanjangan mempercepat ketidakstabilan agregat dan degradasi struktur, yang menurunkan kapasitas retensi air serta meningkatkan erodibilitas tanah (Wang et al., 2025). Penelitian mengenai floodplain menekankan perlunya paket informasi minimum sifat tanah untuk mendukung pengelolaan berkelanjutan dan perlindungan tanah dataran banjir (Hourani & Broll, 2021). Pendekatan pemetaan tanah digital kini banyak digunakan untuk memetakan variabilitas spasial sifat fisik-kimia sebagai dasar zonasi kemarginalan dan rekomendasi pengelolaan site-specific (Adeniyi et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi dan mengidentifikasi karakteristik fisik, kimia, dan hidrologi lahan di Nagari Duku sebagai dasar penilaian kondisi biofisik wilayah, menentukan tingkat kemarginalan lahan berdasarkan analisis karakteristik tanah dan hidrologi, serta merumuskan strategi pengelolaan lahan marginal yang tepat guna meningkatkan kualitas dan pemanfaatan lahan secara berkelanjutan di tingkat nagari. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif berbasis literatur terkini yang mengintegrasikan aspek hidrologi banjir,

karakteristik tanah dataran banjir, dan evaluasi kesesuaian lahan dengan konteks spesifik Nagari Duku sebagai dataran banjir aktif di kawasan tropis basah. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah untuk penyusunan kebijakan pengelolaan lahan marginal yang berkelanjutan dan sesuai dengan kebutuhan lokal masyarakat Nagari Duku.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan menelaah hasil riset terkini terkait hidrologi banjir, sifat fisik-kimia tanah dataran banjir, serta pemetaan kerentanan banjir berbasis data geospasial dan digital soil mapping sebagai dasar interpretasi kondisi biofisik Nagari Duku (Taherizadeh et al., 2023). Wilayah kajian adalah Nagari Duku yang terletak di Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat, dengan luas wilayah sekitar 20,41 km² dan jarak sekitar 9 km dari ibu kota kecamatan, 30 km dari Painan, serta 47 km dari Kota Padang sebagai ibu kota provinsi.

Karakteristik tanah yang meliputi tekstur, kedalaman efektif, bulk density, bahan organik, pH, dan parameter lain yang relevan diinterpretasikan dari laporan lembaga pemerintah dan publikasi ilmiah mengenai dataran banjir serta Daerah Aliran Sungai yang memiliki kesetaraan kondisi geomorfologi dan penggunaan lahan dengan wilayah penelitian (Aitzhanova et al., 2025). Informasi hidrologi dan rezim banjir, meliputi frekuensi, kedalaman genangan, serta hubungan dengan topografi lokal, dikompilasi dari laporan kebencanaan, data curah hujan, dan kajian pemodelan bahaya banjir berskala wilayah menggunakan Sistem Informasi Geografis, Digital Elevation Model, dan data satelit sebagaimana lazim diterapkan dalam penilaian risiko banjir modern (Singha et al., 2024), (Wang et al., 2025).

Data sekunder tersebut diperkuat dengan deskripsi kondisi aktual Nagari Duku, termasuk sebaran genangan, posisi permukiman terhadap sungai, dan bentuklahan, yang dianalogikan dengan pendekatan pemetaan kerentanan banjir dan zona rawan melalui kombinasi parameter elevasi, kemiringan lereng, jarak ke sungai, dan penggunaan lahan (Mukherjee et al., 2025). Sintesis data dilakukan secara deskriptif-komparatif untuk menghubungkan sifat fisik-kimia-hidrologi tanah dengan kriteria kemarginalan lahan, merujuk pada kerangka penilaian degradasi dan sensitivitas lahan yang memanfaatkan interpolasi geostatistik dan variabel lingkungan seperti topografi, iklim, dan vegetasi dalam penentuan kelas lahan bermasalah (Miletić et al., 2025).

Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan dengan mengacu pada pendekatan Food and Agriculture Organization yang membagi kesesuaian menjadi kelas S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai atau moderately suitable), S3 (marginal sesuai), dan N1-N2 (tidak sesuai) berdasarkan faktor pembatas seperti solum, pH, tekstur, lereng, drainase, dan iklim (Abdelrahman et al., 2022). Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi biofisik Nagari Duku dengan studi kesesuaian lahan di daerah tropis dan marginal lainnya yang menunjukkan pola dominan S2-S3 (Taye et al., 2025);(AbdelRahman et al., 2025). Strategi pengelolaan lahan marginal dirumuskan berdasarkan sintesis praktik konservasi terbukti efektif dari berbagai literatur terkini, disesuaikan dengan kondisi spesifik Nagari Duku dan kerangka regulasi nasional terkait penataan ruang dan perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan.

Kondisi Geografis dan Geomorfologi Wilayah

[illegible]

Gambar 2. Peta Topografi Nagari Duku

Sebaliknya, pada bagian wilayah yang relatif datar hingga landai di sekitar jalur sungai utama, posisi topografi rendah dan kedekatan dengan alur sungai meningkatkan kerentanan terhadap banjir dan genangan periodik, terutama saat terjadi hujan lebat dan limpasan dari daerah hulu (Khodaei et al., 2025). Kajian kerentanan banjir di berbagai DAS tropis menunjukkan bahwa jarak ke sungai, elevasi rendah, dan topographic wetness index tinggi merupakan faktor utama penentu zona tergenang yang

secara langsung membatasi aerasi tanah dan aktivitas perakaran tanaman pada lahan pertanian (Mulu et al., 2025). Kondisi ini menyebabkan produktivitas tanaman menurun akibat cekaman oksigen dan gangguan penyerapan hara.

Pada dataran banjir tropis, genangan berulang membentuk mosaik unit geomorfologi seperti levee, teras rendah, dan dataran bawah, dengan perbedaan durasi dan frekuensi banjir yang kuat memengaruhi keasaman tanah, kejenuhan air, dan distribusi vegetasi, serta berkontribusi pada terbentuknya lahan dengan keterbatasan hidrologi permanen (Oliveira et al., 2024). Wilayah yang sering mengalami inundasi musiman dicirikan oleh periode kejenuhan air yang panjang, penurunan difusi oksigen tanah, serta percepatan degradasi sifat fisik yang mencakup stabilitas agregat dan struktur tanah, yang pada akhirnya menekan produktivitas lahan pertanian (Milien et al., 2023), (Oliveira et al., 2024). Fluktuasi hidrologi ekstrem ini menjadi salah satu faktor pembatas utama yang mendefinisikan kemarginalan lahan di wilayah dataran banjir.

Jika dilihat dari perspektif geomorfologi DAS tropis, posisi Nagari Duku di kawasan peralihan perbukitan pesisir berimplikasi pada berkembangnya tanah dengan solum relatif dangkal di lereng tererosi dan sifat hidromorfik pada dataran banjir dekat sungai, suatu kombinasi yang banyak dilaporkan sebagai basis klasifikasi lahan marginal di kawasan tropis basah (Zou et al., 2024). Dalam konteks ini, topografi, jarak ke sungai, dan pola banjir membentuk gradien risiko yang menggabungkan potensi erosi tinggi di bagian miring dengan kerentanan banjir di bagian rendah, sehingga memperkuat status kemarginalan lahan tanpa upaya pengelolaan konservasi tanah dan air yang terencana (Palliyaguru et al., 2022), (Khodaei et al., 2025).

Karakteristik Fisik, Kimia, dan Hidrologi Lahan Marginal

Lahan di Nagari Duku menunjukkan ciri fisik-kimia-hidrologi khas lahan marginal tropis basah. Lahan marginal tropis basah umumnya berkembang pada tanah tua seperti Ultisol dan Inceptisol yang ber-pH masam, solum relatif dangkal di lereng, dan kesuburan rendah karena pencucian hara intensif (Laia et al., 2025). Tekstur yang umum adalah lempung berpasir hingga lempung liat, dengan permeabilitas sedang-cepat yang meningkatkan aliran permukaan dan erosi pada lereng terbuka (Laia et al., 2025). Pada dataran rendah pesisir, tekstur cenderung lebih kasar dan bahan organik rendah, sehingga kapasitas menahan air dan hara juga rendah (Laia et al., 2025).

Secara kimia, tanah masam dengan pH sekitar 4,5 hingga 5,5 akan menurunkan ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium, sekaligus meningkatkan kelarutan aluminium dan besi yang bersifat toksik bagi tanaman (Laia et al., 2025). Bahan organik tanah yang rendah berakibat pada struktur tanah tidak stabil, kapasitas tukar kation kecil, dan tingginya kerentanan erosi, sehingga produktivitas pertanian sulit dipertahankan tanpa masukan organik dan pengelolaan konservasi (Laia et al., 2025). Kondisi kimia tanah yang demikian menjadi pembatas utama pertumbuhan tanaman, terutama untuk komoditas yang sensitif terhadap keasaman tinggi.

Dari sisi hidrologi, lahan marginal di iklim basah sering menunjukkan variabilitas ekstrem, yaitu mudah tergenang pada musim hujan akibat kapasitas infiltrasi rendah dan posisi di dataran dekat sungai, tetapi mudah kering pada musim kemarau di tanah bertekstur kasar yang kapasitas simpan airnya rendah (Laia et al., 2025). Fluktuasi ini menjadi indikator penting kemarginalan lahan karena mengganggu kontinuitas suplai air bagi tanaman dan mempercepat degradasi fisik-kimia tanah (Laia

et al., 2025). Ketidakstabilan ketersediaan air ini mempersulit penetapan pola tanam yang konsisten dan menurunkan efisiensi penggunaan lahan pertanian.

Faktor Penyebab Kemarginalan Lahan di Nagari Duku

Solum dangkal dan erodibilitas tinggi di lereng curam mempercepat hilangnya topsoil dan membatasi perakaran, sehingga produktivitas tanaman rendah dan risiko degradasi jangka panjang meningkat (Laia et al., 2025). Ketebalan solum yang terbatas mengurangi ruang tumbuh akar tanaman dan kapasitas penyimpanan air tersedia, yang sangat krusial untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman pada musim kemarau. Reaksi tanah masam pada Ultisol dan Inceptisol memicu pencucian kalsium, magnesium, kalium serta toksisitas aluminium, mengurangi hasil tanaman bila tidak dikoreksi (Laia et al., 2025). Aluminium yang terlarut pada pH rendah akan menghambat pemanjangan akar dan mengganggu penyerapan fosfor, yang merupakan unsur esensial untuk pertumbuhan tanaman.

Kandungan bahan organik rendah di iklim basah memperlemah agregat, menurunkan kapasitas tukar kation dan kapasitas simpan air, serta memperbesar kerentanan erosi (Laia et al., 2025). Bahan organik tanah berperan penting dalam membentuk struktur tanah yang baik, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, dan menyediakan unsur hara secara bertahap melalui proses mineralisasi. Rendahnya bahan organik tanah di Nagari Duku menjadi kendala serius dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan.

Pada dataran rendah dekat sungai, banjir lokal dan genangan periodik menyebabkan kondisi anaerob, menghambat respirasi akar dan penyerapan hara, serta merusak struktur tanah (Laia et al., 2025). Genangan yang berkepanjangan menciptakan kondisi reduksi di dalam tanah yang mengubah bentuk unsur hara tertentu menjadi tidak tersedia bagi tanaman, serta meningkatkan konsentrasi senyawa toksik seperti besi dan mangan terlarut. Penggunaan lahan yang tidak sesuai kemampuan, seperti pembukaan lereng tanpa konservasi dan pengelolaan intensif tanah yang sudah miskin hara, menjadi pendorong utama transformasi lahan berpotensi menjadi lahan marginal di banyak wilayah pertanian tropis (Laia et al., 2025). Aktivitas manusia yang tidak mempertimbangkan daya dukung lahan mempercepat proses degradasi dan memperburuk kondisi kemarginalan.

Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Pertanian

Sebagian besar lahan Nagari Duku hanya "cukup-marginal sesuai" untuk pertanian, dengan banyak zona tidak sesuai secara fisik tanpa rekayasa. Pendekatan Food and Agriculture Organization membagi kesesuaian menjadi S1 (sangat sesuai), S2 (cukup atau moderately sesuai), S3 (marginal), N1-N2 (tidak sesuai) berdasarkan faktor seperti solum, pH, tekstur, lereng, drainase, dan iklim (Abdelrahman et al., 2022). Banyak studi di daerah tropis dan marginal menunjukkan pola dominan S2-S3, dengan hampir tidak ada S1, serupa dengan kondisi yang digambarkan di Nagari Duku (Taye et al., 2025), (AbdelRahman et al., 2025).

Pada berbagai wilayah tropis basah, tanaman seperti kakao, kelapa, dan beberapa hortikultura masih dapat berproduksi baik pada tanah ber-pH masam, solum sedang-dangkal, dan hara rendah, selama ada pemupukan dan konservasi minimum (Selmy et al., 2024), (Vizuite-Montero et al., 2024). Evaluasi kesesuaian berbasis FAO dan GIS di Ethiopia dan Amazon menunjukkan bagian besar lanskap masuk S2 untuk tanaman

perennial atau tropis pada kondisi serupa yaitu pH rendah, hujan tinggi, dan solum cukup (Vizuete-Montero et al., 2024), (Taye et al., 2025). Ini mendukung klasifikasi Nagari Duku bahwa sebagian lahan "cukup sesuai" untuk kelapa, kakao, dan tanaman sela berakar pendek dengan manajemen input yang terarah.

Untuk serealia seperti jagung dan gandum, banyak DAS tropis dan semi-arid diklasifikasikan S3 atau marginal bila ada kombinasi keterbatasan yaitu solum dangkal, kemasaman tinggi, drainase kurang baik, dan risiko kekeringan atau banjir (Taye et al., 2025), (AbdelRahman et al., 2025). Studi di Ethiopia menunjukkan posisi lereng tengah hingga bawah sering hanya S3 bagi jagung, teff, atau wheat karena keasaman, kedalaman tanah, dan lereng (Moshago et al., 2022). Kondisi ini sejalan dengan Nagari Duku, di mana padi ladang dan jagung masih bisa tumbuh tetapi berproduktivitas rendah tanpa ameliorasi berupa kapur, perbaikan drainase, dan penambahan bahan organik (Selmy et al., 2024), (De Moraes et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan porsi signifikan lahan masuk kategori tidak sesuai atau N bila lereng sangat curam dengan solum dangkal yang memiliki risiko erosi tinggi, dataran banjir dengan genangan lama, atau tekstur sangat kasar seperti sandy soil dengan kapasitas menahan air sangat rendah (Selmy et al., 2024), (Mahecha-Pulido et al., 2025). Pada wilayah pesisir dan dataran banjir India serta Afrika, zona tergenang lama atau berpasir kasar sering dipetakan sebagai N atau N1-N2 untuk banyak tanaman pangan tanpa rekayasa drainase atau irigasi besar-besaran (Molla & Rukhsana, 2024), (Sawant et al., 2025), (Mahecha-Pulido et al., 2025). Ini konsisten dengan penilaian bahwa di Nagari Duku, daerah banjir musiman, lereng ekstrim, dan sandy soil pesisir tidak direkomendasikan untuk pertanian konvensional tanpa rekayasa berat (Selmy et al., 2024).

Pengalaman berbagai wilayah menunjukkan bahwa dominasi kelas S2-S3 membutuhkan strategi berupa pemilihan komoditas toleran tanah masam, peningkatan bahan organik, pengapuran tanah asam, konservasi lereng, dan pengaturan zona lindung pada lahan N (Taye et al., 2025), (AbdelRahman et al., 2025). Untuk Nagari Duku, klasifikasi umum berbasis biofisik sudah cukup kuat sebagai dasar awal penataan ruang, yang dapat dipertajam kemudian dengan data laboratorium tanah dan pemodelan spasial menggunakan Analytical Hierarchy Process dan GIS seperti yang dilakukan di wilayah lain (AbdelRahman et al., 2025), (Taye et al., 2025), (Sawant et al., 2025).

Strategi Pengelolaan Lahan Marginal di Nagari Duku

Strategi kunci pengelolaan lahan marginal Nagari Duku sejalan dengan praktik konservasi dan regulasi nasional yang terbukti efektif. Aplikasi bahan organik dan biochar pada tanah masam secara konsisten meningkatkan pH, ketersediaan nitrogen, fosfor, kalium, biomassa mikroba, dan menurunkan aluminium toksik, sehingga memperbaiki kesuburan tanah tropis masam (Asirifi et al., 2025), (Tu et al., 2025). Kombinasi biochar-kapur atau lime memberikan efek sinergis, dimana kapur cepat menetralkan aluminium, sedangkan biochar mempertahankan kalsium dan meningkatkan aktivitas enzim tanah, dengan kenaikan hasil 11-27 persen dan penurunan kebutuhan amelioran di tahun ketiga (Tu et al., 2025). Pengapuran sendiri terbukti menurunkan aluminium dapat tukar dan meningkatkan hasil tanaman di tanah masam Afrika Timur dan Kenya (Bautista et al., 2023), (Scherwietes et al., 2025). Untuk konservasi tanah dan air di lereng, berbagai bentuk teras, bund kontur, mulsa, dan agro-

geotekstil terbukti menurunkan erosi 40-90 persen, meningkatkan infiltrasi, dan menambah cadangan air tanah (Nsabiyumva et al., 2025), (Ame et al., 2025). Penguatan teras atau bund dengan tanaman tahunan berkayu juga meningkatkan konduktivitas hidrolik jenuh dan retensi air (Ky-Dembele et al., 2024). Praktik konservasi mekanis ini sangat penting untuk wilayah Nagari Duku yang memiliki topografi bergelombang hingga curam dengan curah hujan tinggi.

Rotasi tanaman yang melibatkan legum terbukti meningkatkan C-organik, nitrogen total, aktivitas enzim, menurunkan pH berlebih pada tanah salin alkali, dan menaikkan produksi setara hingga 38 persen serta pendapatan sekitar 20 persen (Zhang et al., 2025). Ini mendukung anjuran rotasi atau rotasi dengan tanaman penutup dan legum di Nagari Duku. Pendekatan berbasis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis untuk memetakan zona lindung pertanian, area rawan erosi atau banjir, dan penetapan zona perlindungan lahan pangan telah digunakan di berbagai kabupaten di Indonesia untuk melindungi lahan pertanian sesuai Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 dan Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 (Adrian et al., 2024).

Studi kebijakan menunjukkan bahwa efektivitas perlindungan lahan sangat bergantung pada kapasitas institusi, perencanaan tata ruang yang baik, dan partisipasi masyarakat (Setiabudhi et al., 2023). Pendekatan perhutanan sosial atau agroforestri dan peningkatan akses masyarakat ke lahan terbukti penting untuk keadilan agraria dan keberlanjutan (Setiabudhi et al., 2023). Penataan lahan marginal Nagari Duku yang mengacu pada Rencana Tata Ruang Wilayah berdasarkan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 dan Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan berdasarkan Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 sejalan dengan temuan bahwa zonasi ketat, perlindungan lahan pangan, dan konsistensi pelaksanaan tata ruang merupakan instrumen kunci menekan alih fungsi dan menjaga fungsi ekologis lahan (Adrian et al., 2024). Integrasi data biofisik, Sistem Informasi Geografis, dan kerangka hukum ini menjadi fondasi pengelolaan lahan marginal yang berkelanjutan.

Kesimpulan

Nagari Duku dapat diposisikan sebagai dataran banjir aktif dengan tekstur relatif berpasir, bahan organik rendah, pH masam, dan genangan periodik yang secara ilmiah memenuhi kriteria lahan marginal untuk pertanian intensif. Karakteristik fisik berupa solum dangkal, tekstur dan kepadatan tanah, karakteristik kimia berupa pH masam dan bahan organik rendah, serta karakteristik hidrologi berupa banjir-kekeringan lokal di Nagari Duku secara bersama-sama mencerminkan ciri utama lahan marginal tropis yang menuntut pengelolaan konservasi dan pemupukan organik yang intensif untuk meningkatkan kesesuaian lahannya. Sebagian besar lahan Nagari Duku hanya cukup-marginal sesuai untuk pertanian, dengan banyak zona tidak sesuai secara fisik tanpa rekayasa. Inventarisasi terstruktur sifat fisik-kimia-hidrologi tanah menjadi kunci untuk menilai tingkat kemarginalan dan merancang strategi pengelolaan yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan lahan di tingkat nagari.

Saran

Pemerintah Nagari Duku perlu menyusun zonasi lahan berbasis kesesuaian untuk mengarahkan penggunaan lahan sesuai kemampuannya dan mencegah degradasi lebih lanjut. Penerapan teknologi konservasi tanah dan air seperti terasering, bund kontur, dan drainase mikro harus diprioritaskan pada lahan berlereng dan rawan

genangan untuk mengurangi erosi dan meningkatkan produktivitas. Program peningkatan bahan organik tanah melalui aplikasi kompos, pupuk kandang, dan biochar perlu diintegrasikan dengan pengapuran untuk mengatasi masalah keasaman tanah. Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan teknik konservasi dan pendampingan kelompok tani sangat penting untuk memastikan adopsi teknologi pengelolaan lahan marginal yang berkelanjutan. Penelitian lanjutan dengan pengukuran langsung di lapangan dan analisis laboratorium diperlukan untuk mempertajam klasifikasi kesesuaian lahan dan rekomendasi pengelolaan yang lebih spesifik untuk setiap zona di Nagari Duku.

Daftar Pustaka

- Abdelrahman, M., Saleh, A., & Arafat, S. (2022). Assessment of land suitability using a soil-indicator-based approach in a geomatics environment. *Scientific Reports*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22727-7>
- AbdelRahman, M., Yossif, T., & Metwaly, M. (2025). Enhancing land suitability assessment through integration of AHP and GIS-based for efficient agricultural planning in arid regions. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14051-7>
- Adeniyi, O., Bature, H., & Mearker, M. (2024). A Systematic Review on Digital Soil Mapping Approaches in Lowland Areas. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land13030379>
- Adrian, .., Widiatmaka, .., Munibah, K., Firmansyah, I., & Adrian, .. (2024). Enhancing Agricultural Protection Areas Under Spatial Restrictions: A Case Study Of Majalengka Regency, Indonesia. *Geography, Environment, Sustainability*. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2023-2939>
- Aitzhanova, M., Zhaparova, S., Zhamanbayeva, M., & Satimbekova, A. (2025). Soil and Environmental Consequences of Spring Flooding in the Zhabay River Floodplain (Akmola Region). *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su172210378>
- Ame, M. A., Wei, W., Zhang, S., Liu, W., & Chen, L. (2025). The Effects of Rainfall and Terracing–Mulch Combinations on Soil Erosion in a Loess Hilly Area, China: Insights from Plot Simulations and WEPP Modeling. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land14020432>
- Asempah, M., Shisanya, C. A., & Schütt, B. (2023). Modeling of soil erosion risk in a typical tropical savannah landscape. *Scientific African*. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e02042>
- Asirifi, I., Makarowsky, L., Heinze, S., Herre, M., Werner, S., Frimpong, K., Pierburg, R., & Marschner, B. (2025). Biochar and Kitchen Stove Ash for Improving Nutrient Availability and Microbial Functions of Tropical Acidic Soil. *Soil Systems*. <https://doi.org/10.3390/soilsystems9020049>
- Bautista, I., Oliver, J., Lidón, A., Osca, J., & Sanjuán, N. (2023). Improving the Chemical Properties of Acid Sulphate Soils from the Casamance River Basin. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land12091693>
- Corwin, D. (2020). Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *European Journal of Soil Science*, 72, 842–862. <https://doi.org/10.1111/ejss.13010>
- De Moraes, F. A., Moreira, S., Peixoto, D. S., Silva, J. C. R., Macedo, J. R., Silva, M. M., Silva, B., Sánchez, P., & Nunes, M. (2023). Lime incorporation up to 40 cm deep increases root growth and crop yield in highly weathered tropical soils. *European Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126763>
- Gitima, G., Teshome, M., Kassie, M., & Jakubus, M. (2023). Quantifying the impacts

- of spatiotemporal land use and land cover changes on soil loss across agroecologies and slope categories using GIS and RUSLE model in Zoa watershed, southwest Ethiopia. *Ecological Processes*, 12, 1–21. <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00436-x>
- Hourani, M. E. El, & Broll, G. (2021). Soil Protection in Floodplains—A Review. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land10020149>
- Kaur, G., Singh, G., Motavalli, P., Nelson, K., Orlowski, J., & Golden, B. (2020). Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: A review. *Agronomy Journal*, 112, 1475–1501. <https://doi.org/10.1002/agj2.20093>
- Khodaei, H., Saleh, F. N., Dalir, A. N., & Zarei, E. (2025). Future flood susceptibility mapping under climate and land use change. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97008-0>
- Kuśmierz, S., Skowrońska, M., Tkaczyk, P., Lipiński, W., & Mielniczuk, J. (2023). Soil Organic Carbon and Mineral Nitrogen Contents in Soils as Affected by Their pH, Texture and Fertilization. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010267>
- Ky-Dembele, C., Savadogo, P., Bengaly, A., Bargués-Tobella, A., Diarra, M., Winowiecki, L., & Bayala, J. (2024). Woody species alongside earth contour bunds enhance the soil water-infiltration capacity in the Sahel, West Africa. *Soil Use and Management*, 40. <https://doi.org/10.1111/sum.13035>
- Laia, I. A., Kasih, E. A., Gulo, D., Gulo, L. L., & Ndraha, A. B. (2025). Dampak Penerapan Pertanian Organik Terhadap Kualitas Tanah dan Hasil Pertanian Tanaman Padi Sawah di Kepulauan Nias. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian Dan Perkebunan*. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.263>
- Mahecha-Pulido, J., Trujillo-González, J. M., Torres-Mora, M. A., García-Navarro, F., & Jiménez-Ballesta, R. (2025). Current Status of Acid Soils Under Different Landform Types in an Expanding Equatorial Agricultural Region. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land14051073>
- Miletić, S., Beloica, J., & Miljković, P. (2025). Integrating Environmental Variables into Geostatistical Interpolation: Enhancing Soil Mapping for the Medalus Model in Montenegro. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land14040702>
- Milien, E. J., Nunes, G., Pierre, G., Hamilton, S., & Da Cunha, C. (2023). Hydrological Dynamics of the Pantanal, a Large Tropical Floodplain in Brazil, Revealed by Analysis of Sentinel-2 Satellite Imagery. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15122180>
- Molla, S., & Rukhsana. (2024). Fuzzy-AHP and GIS-Based Modeling for Food Grain Cropping Suitability in Sundarban, India. *Natural Resources Research*, 33, 1913–1940. <https://doi.org/10.1007/s11053-024-10373-x>
- Moshago, S., Regassa, A., & Yitbarek, T. (2022). Characterization and Classification of Soils and Land Suitability Evaluation for the Production of Major Crops at Anzecha Watershed, Gurage Zone, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. <https://doi.org/10.1155/2022/9733102>
- Mukherjee, T., Goel, N., Arya, D., & Arora, M. (2025). Integrating hydro-geomorphological adjustments into flood mapping for enhanced risk assessment. *Geoenvironmental Disasters*, 12. <https://doi.org/10.1186/s40677-025-00309-9>
- Mulu, A., Kassa, S. B., Wossene, M. L., Adefris, S., & Meshesha, T. M. (2025). Identification of flood vulnerability areas using analytical hierarchy process techniques in the Wuseta watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13822-6>
- Nsabimana, G., Bao, Y., He, X., De Dieu Nambajimana, J., Segatagara, B. M., Khurram, D., & Zhou, J. (2025). Hydrological Alterations Accelerate Soil

- Aggregate and Pore Structure Degradation in the Water-Level Fluctuation Zone of the Three Gorges Reservoir, China. *Land Degradation & Development*, 36, 4874–4885. <https://doi.org/10.1002/ldr.5673>
- Nsabiyumva, J. M. V., Apollonio, C., Castelli, G., Bresci, E., Petroselli, A., Sabir, M., Hicintuka, C., & Preti, F. (2025). Impact of Slow-Forming Terraces on Erosion Control and Landscape Restoration in Central Africa's Steep Slopes. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land14071419>
- Oliveira, A. M., Van Meerveld, I., Gianasi, F., Silva-Sene, A. M., Farrapo, C., De Carvalho Araújo, F., Oliveira, F., Ferreira, L. A. S., Da Silva, L. C. A., Reis, M. G., Pompeu, P. V., & Santos, R. M. Dos. (2024). Inundation dynamics in seasonally dry floodplain forests in southeastern Brazil. *Hydrological Processes*, 38. <https://doi.org/10.1002/hyp.15203>
- Palliyaguru, C., Basnayake, V., Makumbura, R., Gunathilake, M., Muttill, N., Wimalasiri, E., & Rathnayake, U. (2022). Evaluation of the Impact of Land Use Changes on Soil Erosion in the Tropical Maha Oya River Basin, Sri Lanka. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land12010107>
- Ponting, J., Kelly, T., Verhoef, A., Watts, M., & Sizmur, T. (2020). The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil - A review. *The Science of the Total Environment*, 754, 142040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142040>
- Ran, Y., Zhu, K., Wu, S., Zhou, Y., Li, W., Maohua, & Huang, P.-Y. (2022). Conservative agriculture facilitates soil carbon, nitrogen accumulation, and aggregate stabilization under periodic flooding regimes. *Catena*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105783>
- Rupngam, T., & Messiga, A. (2024). Unraveling the Interactions between Flooding Dynamics and Agricultural Productivity in a Changing Climate. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16146141>
- Sandi, N., Gusmini, Yasin, S., Herviyanti, Prasetyo, T. B., Rasyidin, A., & Nasution, N. F. (2025). Characteristics of Agricultural Land in the Floodplain Area of the Tarusan Watershed, Pesisir Selatan, West Sumatra. *TERRA: Journal of Land Restoration*. <https://doi.org/10.31186/terra.8.1.1-9>
- Sawant, N., Das, B., Mahajan, G., Desai, S., Raizada, A., Kumar, P., & Singh, P. (2025). Crop suitability analysis for the coastal region of India through fusion of remote sensing, geospatial analysis and multi-criteria decision making. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90754-1>
- Scherwietes, E., Six, J., Bawen, T. K., & Schaller, J. (2025). Local sediment and lime but no straw amendments can potentially improve barley biomass and yield at the field plot scale in Kenya. *Frontiers in Environmental Science*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1572266>
- Selmy, S., Jiménez-Ballesta, R., Kucher, D., Sayed, A., García-Navarro, F., Yang, Y., & Yousif, I. (2024). Land Suitability Assessment and Crop Water Requirements for Twenty Selected Crops in an Arid Land Environment. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112601>
- Setiabudhi, D., Yunus, A., Irwansyah, I., & Rifky, A. (2023). The Role of Land Management Paradigm Towards Certainty and Justice. *BESTUUR*. <https://doi.org/10.20961/bestuur.v11i1.71710>