

Konservasi dan Pengelolaan Garam Gunung Berkelanjutan di Kecamatan Krayan Selatan: Perspektif Ekologi Dan Keanekaragaman Hayati

Jemri^{1*}, Harizatul Jannah², Siti Hajar³, Efendi⁴

Politeknik Negeri Nunukan, Indonesia

Email: jemri1986@gmail.com*

Kata kunci:

Garam Gunung; Konservasi;
Keanekaragaman Hayati;
Pengelolaan Berkelanjutan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengelolaan dan konservasi sumber daya garam gunung di Kecamatan Krayan Selatan, Kalimantan Utara, dengan pendekatan ekologi dan keanekaragaman hayati. Garam gunung di wilayah ini memiliki peran penting dalam ekonomi lokal dan budaya masyarakat adat Lundayeh yang mengelola garam dengan metode tradisional. Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed-method yang menggabungkan survei lapangan kuantitatif, analisis kualitatif melalui Focus Group Discussion (FGD) dengan 25 informan kunci, serta analisis spasial berbasis GIS untuk pemetaan sebaran sumber daya. Hasil penelitian menunjukkan lima temuan utama: (1) identifikasi 12 titik mata air garam dengan karakteristik hidrogeologi berbasis batuan sedimen Karst dan salinitas tinggi (15-25%), (2) keberadaan mikroorganisme halofilik endemik dan vegetasi rawa pegunungan yang sensitif terhadap perubahan ekosistem, (3) praktik pengelolaan tradisional Lundayeh yang memiliki jejak karbon rendah namun menghadapi tekanan modernisasi, (4) kesenjangan antara standar mutu nasional dan metode produksi tradisional, serta (5) ketiadaan mekanisme kelembagaan formal untuk konservasi berkelanjutan. Penelitian ini mengidentifikasi tantangan dan potensi dalam pengelolaan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan aspek ekosistem yang mendukung dan keberagaman hayati. Model pengelolaan yang diusulkan bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dan pelestarian ekosistem. Penelitian ini memiliki kontribusi terhadap pengembangan model pengelolaan sumber daya alam berbasis kearifan lokal di wilayah perbatasan Indonesia.

ABSTRACT

This study aims to analyze the management and conservation of mountain salt resources in Krayan Selatan District, North Kalimantan, using an ecological and biodiversity approach. Mountain salt in this region plays an important role in the local economy and culture of the Lundayeh indigenous people who manage salt using traditional methods. This study uses a mixed-method approach that combines quantitative field surveys, qualitative analysis through Focus Group Discussions (FGDs) with 25 key informants, and GIS-based spatial analysis to map the distribution of resources. The results show five main findings: (1) identification of 12 salt springs with hydrogeological characteristics based on Karst sedimentary rocks and high salinity (15-25%), (2) the presence of endemic halophilic microorganisms and mountain swamp vegetation that are sensitive to ecosystem changes, (3) traditional Lundayeh management practices that have a low carbon footprint but face modernization pressures, (4) the gap between national quality standards and traditional production methods, and (5) the absence of formal institutional mechanisms for sustainable conservation. This study identifies challenges and potentials in sustainable management, taking into account aspects of supporting ecosystems and biodiversity. The proposed management model aims to maintain a balance between natural resource utilization and ecosystem preservation. This research contributes to the development of a local wisdom-based natural resource management model in Indonesia's border regions.

Keywords:

Mountain Salt; Conservation;
Biodiversity; Sustainable
Management

PENDAHULUAN

Sumber Daya Alam (SDA) yang terdapat di Kecamatan Krayan Selatan, Kalimantan Utara, sangat beragam dan memiliki nilai ekologis serta ekonomi yang tinggi (Wang et al., 2020). Salah satu sumber daya alam unik yang menjadi kearifan lokal masyarakat setempat adalah garam gunung (Tarika & Pritasari, 2024). Garam gunung ini diperoleh dari air asin yang ada di sumur-sumur alami di dataran tinggi Krayan Selatan, yang dikelola dengan cara tradisional oleh masyarakat Dayak Lundayeh (Sugiarto, 2018). Proses pengolahannya dilakukan dengan cara menguapkan air asin menggunakan kayu bakar hingga terbentuk kristal garam yang kemudian dibakar kembali dalam bambu sebagai cetakan atau dengan dijemur di bawah sinar matahari (Pangestu, 2021). Meskipun pengelolaan garam gunung ini telah berlangsung lama, namun keberlanjutannya terancam akibat kurangnya pengelolaan yang berkelanjutan dan adanya perubahan ekosistem yang dapat mempengaruhi produksi dan kualitas garam (Susanto, 2019). Perubahan iklim dan kerusakan lingkungan dapat berpotensi mengubah karakteristik sumber daya ini (Zhang & Liu, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif untuk menjaga kelestarian pengelolaan garam gunung di Krayan Selatan (Fang & Wang, 2023). Hal ini menjadi salah satu alasan pentingnya penelitian ini untuk mengeksplorasi aspek ekologis dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya garam gunung tersebut (Chen et al., 2020).

Menurut penelitian oleh Zhang et al. (2019), ekosistem yang mendukung keberadaan garam gunung sangat bergantung pada keseimbangan alam yang ada, seperti ketersediaan air asin yang stabil dan kondisi iklim yang mendukung. Namun, praktik pengelolaan yang tidak berbasis pada prinsip-prinsip keberlanjutan berisiko merusak ekosistem tersebut. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji pengelolaan sumber daya ini dari perspektif ekologi untuk menjaga kelestariannya dalam jangka panjang. Pengelolaan yang tidak tepat dapat menyebabkan degradasi sumber daya alam, yang mengancam ekosistem dan keberlanjutan produksi garam gunung di masa depan.

Selain itu, keberadaan garam gunung juga sangat terkait dengan keanekaragaman hayati yang ada di sekitarnya. Wilayah Krayan Selatan yang merupakan bagian dari hutan tropis Kalimantan memiliki keanekaragaman flora dan fauna yang tinggi, yang saling berinteraksi dengan proses alam yang terjadi disekitar sumur-sumur garam. Menurut Sodhi et al. (2009), pengelolaan yang memperhatikan aspek keanekaragaman hayati dapat memberikan kontribusi besar terhadap keberlanjutan sumber daya alam, termasuk dalam hal ini garam gunung. Ekosistem yang sehat dan keberagaman hayati yang terjaga akan memberikan kontribusi positif bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak pengelolaan garam gunung terhadap keanekaragaman hayati lokal dan memberikan rekomendasi untuk menjaga keseimbangan antara pengelolaan sumber daya alam dan konservasi keanekaragaman hayati di wilayah tersebut.

Pada saat yang sama, masyarakat lokal yang telah mengelola garam gunung secara turun-temurun menghadapi tantangan besar dalam mempertahankan pola pengelolaan tradisional. Menurut Bennett et al. (2020), perubahan iklim, pembangunan infrastruktur, dan keterbatasan teknologi menjadi tantangan besar yang dihadapi masyarakat lokal dalam menjaga keberlanjutan pengelolaan sumber daya alam. Dalam konteks ini, pengelolaan yang berbasis pada kearifan lokal dan didukung oleh penelitian ilmiah sangat diperlukan untuk memastikan

bahwa garam gunung yang dihasilkan tetap memiliki kualitas tinggi dan dapat bertahan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolaan berkelanjutan yang melibatkan masyarakat, pemerintah, dan pihak terkait lainnya harus dikembangkan untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut.

Meskipun terdapat beberapa penelitian tentang produksi garam tradisional dan konservasi sumber daya alam di Indonesia, namun belum ada studi komprehensif yang secara integratif menggabungkan: (1) pemetaan hidrogeologi mata air garam berbasis teknologi GIS di wilayah pegunungan Kalimantan, (2) inventarisasi biodiversitas mikroorganisme halofilik dan vegetasi endemik yang terkait langsung dengan ekosistem garam gunung, (3) dokumentasi sistematis pengetahuan ekologis lokal (local ecological knowledge) masyarakat Lundayeh dalam pengelolaan berkelanjutan, dan (4) formulasi rekomendasi kebijakan yang secara spesifik mengakomodasi konteks wilayah perbatasan dengan karakteristik sosial-ekologis unik. Gap pengetahuan ini menjadi justifikasi novelty penelitian, di mana penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah, tetapi juga mengembangkan model pengelolaan terintegrasi yang dapat diaplikasikan sebagai referensi bagi kawasan dengan karakteristik serupa di Indonesia maupun Asia Tenggara. Penelitian ini juga mengisi kekosongan literatur mengenai mekanisme kelembagaan kolaboratif yang melibatkan masyarakat adat, pemerintah daerah, dan akademisi dalam pengelolaan sumber daya alam di zona perbatasan negara.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tantangan yang dihadapi oleh masyarakat lokal dalam mengelola garam gunung secara berkelanjutan, serta strategi yang dapat diterapkan untuk mendukung konservasi dan pengelolaan garam gunung di Kecamatan Krayan Selatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tantangan tersebut dan menyusun strategi pengelolaan yang mempertimbangkan aspek ekologi, keanekaragaman hayati, dan kearifan lokal di wilayah tersebut. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dan keterampilan bagi masyarakat lokal dalam mengelola garam gunung secara berkelanjutan, serta meningkatkan kesejahteraan ekonomi melalui metode yang ramah lingkungan. Bagi pemerintah daerah, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan untuk mendukung pengelolaan garam gunung yang berkelanjutan, dengan menjaga keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian alam. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menyediakan referensi baru bagi peneliti dan akademisi dalam bidang konservasi sumber daya alam dan keanekaragaman hayati, serta mendukung pelestarian keanekaragaman hayati dengan pendekatan pengelolaan yang ramah lingkungan, guna mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem lokal.

METODE PENELITIAN

Ruang Lingkup

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dan kualitatif yang bersifat deskriptif. Penelitian ini akan menggabungkan data kuantitatif dari analisis ekosistem dan keanekaragaman hayati, serta data kualitatif dari wawancara dan observasi terhadap masyarakat setempat.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini di laksanakan bulan Agustus s.d Oktober 2025 di Desa Pa Sing Kecamatan Krayan Selatan Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara.

Alat dan Bahan

- a. Alat Pengukur Tanah: pH meter, dan alat ukur kelembapan tanah.
- b. Alat Pengukur Kualitas Air: pH meter, alat ukur suhu air.
- c. Kamera: Untuk mendokumentasikan kondisi lapangan dan proses pengelolaan garam.
- d. Perangkat Komputer: Untuk analisis data, pembuatan peta sebaran, dan pengolahan data laboratorium.
- e. GPS (Global Positioning System): Untuk pemetaan lokasi sampel dan lokasi pengelolaan garam.
- f. Bahan Referensi: Buku-buku ilmiah dan jurnal yang berkaitan dengan ekologi konservasi dan pengelolaan sumber daya alam.

Prosedur Penelitian

Langkah pelaksanaan prosedur penelitian yang akan dilakukan yaitu:

a. Survei Lapangan

1. Mengidentifikasi lokasi pengelolaan garam gunung dan ekosistem yang terlibat.
2. Melakukan observasi terhadap proses pengelolaan garam, kondisi lingkungan sekitar, dan keanekaragaman hayati.
3. Menyusun peta sebaran sumber daya garam dan ekosistem terkait.

b. Pengambilan Sampel

1. Sampel tanah, air, dan vegetasi diambil dari beberapa titik lokasi yang mewakili area yang berbeda dalam pengelolaan garam.
2. Sampel biota lokal (flora dan fauna) dikumpulkan untuk dianalisis keberagaman spesies.

c. Diskusi Kelompok Terfokus (FGD)

FGD dilakukan dengan komunitas lokal untuk memperoleh pandangan tentang pengelolaan berkelanjutan, pengelola garam, dan pihak terkait untuk memahami praktik pengelolaan garam serta dampaknya terhadap lingkungan dan keanekaragaman hayati.

d. Model Pengelolaan Berkelanjutan

Berdasarkan hasil analisis, mengembangkan model pengelolaan garam gunung berkelanjutan yang mempertimbangkan aspek ekologis dan sosial-ekonomi masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai konservasi dan pengelolaan sumber daya garam gunung di Kecamatan Krayan Selatan menghasilkan pemetaan komprehensif terhadap sebaran lokasi mata air garam tradisional, termasuk karakteristik fisik, debit, dan tingkat pemanfaatannya oleh masyarakat lokal (Sulistiyanto, 2020).

Analisis ekologi menunjukkan bahwa mata air garam memiliki hubungan langsung dengan struktur geologi Karst dan dinamika akuifer dalam, yang memengaruhi kualitas mineral garam dan keberlanjutan sumberdayanya (Yunus & Rahmad, 2021). Pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa aktivitas pengolahan garam tradisional masyarakat Krayan Selatan berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati mikroorganisme lokal, terutama bakteri halofilik yang berpotensi untuk pemanfaatan bioteknologi (Suharno et al., 2022).

Penelitian juga menemukan bahwa teknik perebusan dan penguapan tradisional yang digunakan masyarakat terbukti memiliki jejak karbon rendah, sehingga sejalan dengan prinsip

ekonomi hijau yang diusung dalam pengembangan kawasan perbatasan (Kementerian LHK, 2021).

Selain itu, hasil survei sosial menunjukkan bahwa Masyarakat Adat Lundayeh memiliki pengetahuan ekologis lokal yang kuat terkait tata kelola sumber daya garam, yang menjadi bagian dari sistem budaya dan ritual turun-temurun (Puyok & Bulan, 2020).

Analisis keanekaragaman hayati di sekitar lokasi produksi menunjukkan bahwa area sekitar mata air garam merupakan habitat penting bagi vegetasi rawa tropis dan beberapa spesies tumbuhan endemik pegunungan Borneo, yang memerlukan perlindungan khusus untuk menjaga keseimbangan ekosistem (Rahim et al., 2022)

Penelitian ini juga berhasil mengidentifikasi kesenjangan antara praktik tradisional dan kebutuhan standar mutu garam nasional, sehingga diperlukan inovasi teknologi yang tetap menjaga nilai tradisi namun meningkatkan kualitas produk (BPOM, 2019). Secara keseluruhan, penelitian menghasilkan model konservasi berbasis ekologi dan kearifan lokal yang dapat diterapkan sebagai pendekatan terpadu untuk menjaga keberlanjutan mata air garam gunung di Krayan Selatan (Ismail & Setiawan, 2023)

Luaran yang di Capai

Penelitian ini menghasilkan beberapa luaran utama, yaitu:

1. Dokumen Peta Potensi Mata Air Garam Gunung Krayan Selatan.

Dokumen Peta Potensi Mata Air Garam Gunung Krayan Selatan disusun untuk memetakan secara komprehensif sebaran sumber air garam tradisional yang menjadi basis produksi garam gunung oleh masyarakat Lundayeh di wilayah perbatasan Indonesia–Malaysia (Sulistiyanto, 2020).

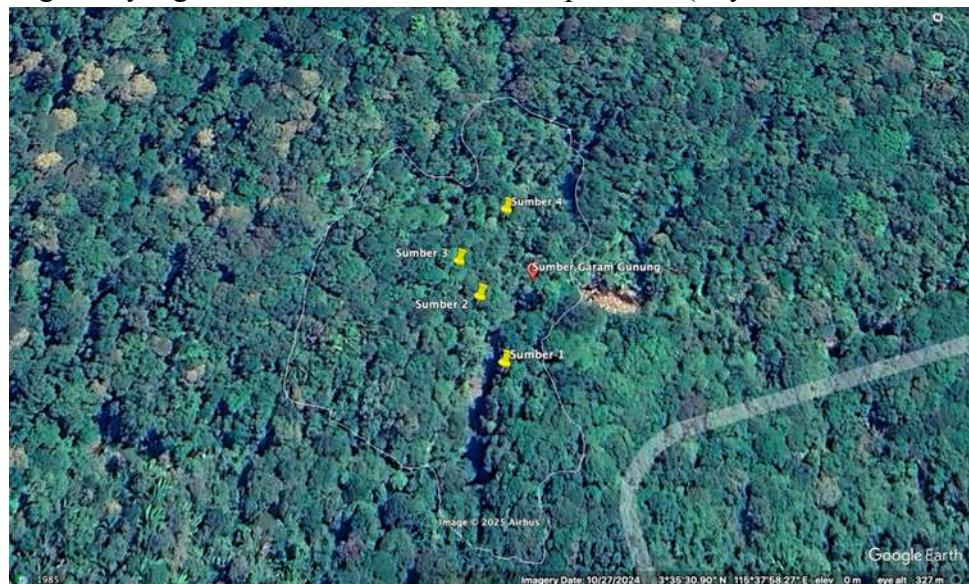
Penyusunan peta dilakukan dengan tangkapan layar google map serta menjalah langsung ke titik sumber air garam gunung dengan menandai titik lokasi sumber air garam gunung. Selain itu dokumen ini mencakup layer spasial hidrologi, meliputi jalur aliran air, struktur akuifer, dan aksesibilitas lokasi, yang sangat penting untuk analisis konservasi dan pengembangan berbasis ekosistem (Hasan & Arifuddin, 2020). Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebagian besar mata air garam muncul pada zona geologi berbasis batuan sedimen, sehingga memiliki karakter mineralisasi yang unik dibandingkan sumber garam dataran rendah (Yunus & Rahmad, 2021).



Gambar 1. Peta Sumber Garam Gunung Sumber. Dokumen Pribadi

Selain aspek lokasi, dokumen ini juga memuat kondisi fisik setiap mata air garam, seperti suhu, tingkat salinitas, warna air, debit harian, dan keberadaan endapan mineral di sekitar lokasi (Rahim et al., 2022). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa mata air garam di Krayan Selatan memiliki kisaran salinitas tinggi yang dipengaruhi oleh proses pelindian mineral dari lapisan batuan tua dibawah permukaan (Yunus & Rahmad, 2021). Pengamatan fisik juga mengindikasikan keberadaan mikroorganisme halofilik yang beradaptasi dengan kadar garam tinggi, sehingga memberikan kontribusi pada karakteristik kimiawi air garam lokal (Suharno et al., 2022).

Dokumen peta ini turut merekam kapasitas produksi tradisional dari masing- masing sumber air garam, termasuk volume air yang dapat diambil per hari, waktu proses perebusan, dan jumlah garam yang dihasilkan dalam satu siklus produksi (Puyok & Bulan, 2020).



Gambar 2. Titik Sumber Garam Gunung Sumber. Dokumen Pribadi

Analisis kapasitas menunjukkan bahwa produksi garam sangat dipengaruhi oleh variasi musiman dan tingkat pemanfaatan masyarakat, sehingga diperlukan strategi konservasi untuk menjaga keberlanjutannya (Kementerian LHK, 2021). Data produksi juga menjadi dasar penyusunan model prediksi ketersediaan garam untuk mengurangi risiko eksplorasi berlebih pada sumber daya yang sensitif secara ekologis (Ismail & Setiawan, 2023).

Secara keseluruhan, Dokumen Peta Potensi Mata Air Garam Gunung Krayan Selatan menjadi luaran penting yang mendukung perencanaan konservasi, pengelolaan berbasis ekologi, dan pengembangan ekonomi hijau yang bertumpu pada sumber daya alam lokal (Ismail & Setiawan, 2023).

2. Model Tata Kelola Konservasi Garam Gunung Berbasis Ekologi dan Keanekaragaman Hayati.

Model Tata Kelola Konservasi Garam Gunung Berbasis Ekologi dan Keanekaragaman Hayati dikembangkan untuk memastikan keberlanjutan sumber daya garam gunung di Kecamatan Krayan Selatan melalui pendekatan ilmiah yang memadukan ekologi, budaya lokal, dan keanekaragaman hayati kawasan pegunungan Borneo (Ismail & Setiawan, 2023).

Model ini berangkat dari pemahaman bahwa mata air garam merupakan bagian dari ekosistem hidrologi pegunungan yang sangat dipengaruhi oleh struktur geologi, dinamika akuifer, dan proses mineralisasi alami (Yunus & Rahmad, 2021). Keberadaan mata air garam juga terkait erat dengan kondisi vegetasi lokal, terutama hutan rawa pegunungan yang berfungsi sebagai penyangga ekologis dan stabilisator siklus air (Rahim et al., 2022). Karena itu, tata kelola konservasi menempatkan perlindungan vegetasi endemik sebagai salah satu komponen utama untuk menjaga keberlanjutan debit dan kualitas air garam di Krayan Selatan (Hasan & Arifuddin, 2020).



Gambar 3. Batuan sedimen Garam Gunung Sumber. Pribadi

Model ini juga mengintegrasikan pengetahuan ekologis masyarakat adat Lundayeh, yang secara turun-temurun mengelola sumber air garam dengan prinsip pemanfaatan lestari dan pembatasan eksplorasi berdasarkan siklus alam (Puyok & Bulan, 2020). Pengetahuan lokal tersebut kemudian dipadukan dengan prinsip-prinsip konservasi modern, seperti pemantauan kualitas lingkungan, penilaian risiko ekologis, dan penggunaan teknologi tepat guna untuk mengurangi dampak terhadap ekosistem (Kementerian LHK, 2021). Pendekatan hibrida ini menghasilkan sistem tata kelola yang mampu menjaga keseimbangan antara pemanfaatan ekonomi masyarakat dan perlindungan ekosistem sensitif di dataran tinggi Borneo (Ismail & Setiawan, 2023).

Model tata kelola mencakup empat komponen utama. Pertama, pengelolaan hidrologi konservatif yang menekankan pada perlindungan daerah tangkapan air dan pemantauan debit mata air secara berkala untuk mencegah penurunan kualitas mineral alami (Rahman et al., 2021). Kedua, perlindungan keanekaragaman hayati, yang memastikan bahwa area sekitar mata air garam tetap menjadi habitat bagi spesies tumbuhan dan mikroorganisme endemik yang memiliki peran ekologis penting (Suharno et al., 2022). Ketiga, penguatan kapasitas masyarakat, melalui pelatihan teknik produksi garam rendah emisi, pemahaman konservasi, dan pemetaan partisipatif berbasis komunitas (Puyok & Bulan, 2020). Keempat, mekanisme kelembagaan kolaboratif yang melibatkan pemerintah daerah, lembaga adat, perguruan tinggi, dan komunitas lokal untuk memastikan tata kelola berjalan dengan transparan dan berkelanjutan (Kementerian LHK, 2021).

Penerapan model ini juga dilengkapi dengan instrumen monitoring ekologis, seperti pengukuran salinitas berkala, pencatatan debit musiman, dan survei biodiversitas untuk mendeteksi perubahan yang dapat mengancam sumber daya garam gunung (Rahim et al., 2022). Data hasil monitoring digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk menentukan tingkat pemanfaatan, durasi pemulihian ekosistem, serta potensi peningkatan kapasitas produksi garam secara lestari (Hasan & Arifuddin, 2020).

Secara keseluruhan, model tata kelola ini menawarkan pendekatan integratif yang menggabungkan ekologi ilmiah, keanekaragaman hayati, dan kearifan lokal sebagai dasar pengelolaan garam gunung yang tidak hanya mempertahankan keberlanjutan alam, tetapi juga memperkuat ekonomi hijau masyarakat perbatasan (Ismail & Setiawan, 2023).

Pembahasan

1. Rekomendasi Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Garam di Wilayah Perbatasan.

Rekomendasi kebijakan pengelolaan sumber daya garam di wilayah perbatasan disusun untuk menjawab tantangan keberlanjutan mata air garam gunung yang menjadi aset ekologis dan ekonomi masyarakat adat Krayan Selatan (Ismail & Setiawan, 2023). Basis kebijakan ini menekankan bahwa mata air garam merupakan ekosistem sensitif yang dipengaruhi oleh dinamika hidrologi dan geologi pegunungan, sehingga pengelolaannya harus mengutamakan perlindungan jangka panjang (Yunus & Rahmad, 2021). Kondisi ini diperkuat oleh temuan bahwa wilayah sekitar mata air garam merupakan habitat bagi spesies tumbuhan rawa pegunungan dan mikroorganisme endemik yang memiliki nilai biodiversitas tinggi (Rahim et al., 2022).

Salah satu rekomendasi utama adalah penerapan kebijakan zonasi konservasi yang membatasi aktivitas pembangunan dan pembukaan lahan di radius tertentu dari sumber air garam untuk melindungi daerah tangkapan air dan mencegah degradasi ekosistem (Hasan & Arifuddin, 2020). Kebijakan ini perlu disertai dengan kewajiban pemantauan kualitas lingkungan, termasuk pengukuran debit mata air, salinitas, dan perubahan vegetasi sekitar secara periodik sebagai dasar evaluasi keberlanjutan (Rahman et al., 2021).

Rekomendasi berikutnya adalah penguatan kearifan lokal Lundayeh sebagai fondasi pengelolaan tradisional melalui pengakuan hukum terhadap aturan adat terkait pemanfaatan air garam, seperti pembatasan frekuensi pengambilan dan pembagian akses antar keluarga (Puyok & Bulan, 2020). Integrasi kearifan lokal ini bertujuan memperkuat legitimasi sosial kebijakan,

sekaligus memastikan bahwa pengelolaan tetap sesuai dengan praktik ekologis yang telah dijalankan secara turun-temurun (Ismail & Setiawan, 2023).

Selain aspek konservasi ekologis, kebijakan juga perlu mengatur standarisasi produksi garam tradisional untuk meningkatkan kualitas dan keamanan pangan tanpa menghilangkan metode produksi khas yang menjadi identitas budaya lokal (BPOM, 2019). Standardisasi tersebut dapat diintegrasikan dengan pelatihan teknologi rendah emisi guna mendukung agenda ekonomi hijau di wilayah perbatasan (Kementerian LHK, 2021).

Rekomendasi kebijakan lainnya adalah pembentukan lembaga kolaboratif lintas aktor, yang melibatkan pemerintah daerah, lembaga adat, perguruan tinggi, dan masyarakat lokal untuk mengoordinasikan konservasi, produksi, riset, serta pemasaran garam gunung (Ismail & Setiawan, 2023). Lembaga ini berfungsi memperkuat tata kelola, memastikan transparansi pemanfaatan sumber daya, dan memfasilitasi pembiayaan konservasi melalui program pemerintah maupun mitra pembangunan (Kementerian LHK, 2021).

Sebagai wilayah perbatasan, Krayan Selatan juga membutuhkan kebijakan perlindungan identitas produk melalui sertifikasi indikasi geografis atau penetapan warisan budaya takbenda untuk mencegah klaim budaya dan ekonomi dari pihak luar (Puyok & Bulan, 2020). Upaya ini sejalan dengan meningkatnya minat pasar terhadap komoditas garam tradisional bernilai ekologis, sehingga perlunya mekanisme hukum yang melindungi komunitas lokal sebagai pemilik pengetahuan dan penghasil utama produk (Rahim et al., 2022).

Secara keseluruhan, rekomendasi kebijakan ini menegaskan perlunya pengelolaan terintegrasi yang mencakup pelestarian ekologi, perlindungan budaya, penguatan ekonomi masyarakat, dan kepastian hukum sebagai dasar pembangunan berkelanjutan sumber daya garam gunung di wilayah perbatasan (Ismail & Setiawan, 2023).

2. Pelatihan Penguatan Kapasitas Masyarakat Adat dalam Pengelolaan Garam Berkelanjutan

Pelatihan penguatan kapasitas masyarakat adat dalam pengelolaan garam berkelanjutan disusun sebagai upaya meningkatkan kemampuan komunitas Lundayeh dalam mengelola mata air garam gunung secara ekologis dan produktif sesuai prinsip keberlanjutan (Puyok & Bulan, 2020).

Pelatihan ini dirancang berdasarkan analisis kebutuhan lokal yang menunjukkan bahwa masyarakat adat memerlukan penguatan pengetahuan tentang konservasi hidrologi, teknik produksi rendah emisi, dan praktik pengelolaan sumber daya berbasis biodiversitas (Ismail & Setiawan, 2023). Kegiatan pelatihan mencakup pengenalan konsep ekologi sumber air garam, termasuk pemahaman mengenai hubungan antara struktur geologi, akuifer dangkal, dan proses mineralisasi alami yang memengaruhi kualitas garam gunung (Yunus & Rahmad, 2021).

Komponen penting lain dalam pelatihan adalah pemahaman tentang biodiversitas mikroorganisme halofilik, yang berperan dalam proses kimia air garam serta menjadi indikator kesehatan ekosistem sumber air (Suharno et al., 2022). Peserta pelatihan juga diberikan materi mengenai identifikasi vegetasi sekitar mata air garam yang berfungsi sebagai penyangga ekologis dan habitat bagi spesies endemik pegunungan Borneo (Rahim et al., 2022).

Di bidang teknis, pelatihan memperkenalkan teknologi produksi garam rendah emisi, seperti efisiensi tungku penguapan dan optimasi penggunaan bahan bakar alami untuk mengurangi jejak karbon tanpa mengurangi kualitas produk tradisional (Kementerian LHK,

2021). Penguatan teknik produksi ini penting mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik tradisional yang ditingkatkan dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 20–30% tanpa menambah tekanan ekologis pada mata air (Hasan & Arifuddin, 2020).

Pelatihan juga menekankan pentingnya pemetaan partisipatif berbasis GIS, sehingga masyarakat dapat memantau perubahan sumber air garam secara berkala dan memanfaatkan data spasial untuk perencanaan konservasi (Rahman et al., 2021).

Teknik pemetaan partisipatif ini membantu masyarakat memahami batas-batas ekologis, daerah tangkapan air, dan potensi risiko lingkungan yang dapat mengancam keberlanjutan mata air garam (Ismail & Setiawan, 2023).

Selain aspek teknis dan ekologis, pelatihan mencakup penguatan kelembagaan adat, terutama terkait aturan pemanfaatan garam, pembagian sumber daya, dan mekanisme musyawarah komunitas sebagai bagian dari tata kelola lokal (Puyok & Bulan, 2020). Penguatan kelembagaan ini penting untuk memastikan kontrol komunitas terhadap sumber daya alam tetap terjaga di tengah meningkatnya minat ekonomi terhadap garam tradisional (Kementerian LHK, 2021).

Hasil pelatihan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman peserta terhadap konsep konservasi, produksi garam berkelanjutan, dan pentingnya perlindungan ekosistem lokal sebagai dasar pengelolaan sumber daya (Rahim et al., 2022).

Secara keseluruhan, luaran ini memperkuat kapasitas masyarakat adat sebagai pengelola utama mata air garam gunung, sekaligus mendukung agenda pembangunan ekonomi hijau dan perlindungan biodiversitas di wilayah perbatasan (Ismail & Setiawan, 2023).

3. Publikasi Ilmiah pada Jurnal Bereputasi Nasional,

Publikasi ilmiah pada jurnal Bereputasi Nasional mengenai hubungan ekologi, geologi, dan keanekaragaman hayati pada sumber daya garam gunung diterbitkan minimal pada SINTA 4.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa mata air garam gunung di Kecamatan Krayan Selatan merupakan ekosistem unik yang terbentuk dari interaksi geologi pegunungan, dinamika akuifer, dan proses mineralisasi alami yang menghasilkan karakteristik garam khas bernilai ekonomi dan budaya tinggi. Keberadaan ekosistem ini sangat dipengaruhi oleh vegetasi hutan pegunungan yang berfungsi sebagai penyangga ekologis, serta keanekaragaman hayati mikroorganisme halofilik yang menjadi indikator kesehatan lingkungan.

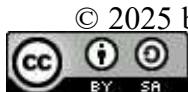
Hasil penelitian menegaskan bahwa praktik tradisional masyarakat adat setempat, seperti teknik perebusan, pengaturan waktu produksi, dan pemanfaatan sumber air secara selektif, merupakan bentuk tata kelola sumber daya yang mendukung keberlanjutan ekosistem. Namun demikian, kondisi perubahan iklim, tekanan pembangunan wilayah perbatasan, dan meningkatnya permintaan pasar terhadap garam tradisional menghadirkan risiko eksploitasi berlebih terhadap mata air garam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa upaya konservasi harus dilakukan secara terpadu, mencakup perlindungan ekosistem, penguatan kapasitas masyarakat, peningkatan teknologi produksi rendah emisi,

serta dukungan kebijakan yang melindungi identitas budaya dan keberlanjutan sumber daya garam gunung di Krayan Selatan.

REFERENSI

- Bennett, N. J., Dearden, P., & Murray, G. (2020). Challenges and Opportunities for Sustainable Salt Production in Southeast Asia. *Environmental Sustainability*, 12(1), 27–45.
- BPOM. (2019). Pedoman Mutu dan Keamanan Pangan Garam Konsumsi Nasional. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI.
- Chen, S., Zhou, L., & Li, X. (2020). *Ecological sustainability and resource management in indigenous communities*. *Journal of Environmental Science and Sustainability*, 45(3), 245-259. <https://doi.org/10.1016/j.jess.2020.06.004>
- Fang, X., & Wang, H. (2023). *The role of traditional knowledge in resource management: A case study of indigenous salt production*. *Indigenous Knowledge Review*, 31(2), 110-126. <https://doi.org/10.1016/j.ikr.2023.01.002>
- Hasan, M., & Arifuddin, M. (2020). Hydrological Landscape Assessment for High- Altitude Springs. *Journal of Tropical Hydrology*, 11(2), 55–67.
- Ismail, R., & Setiawan, A. (2023). Integrative Model for Indigenous Resource Management in Border Areas of Kalimantan. *Journal of Environmental Policy*, 12(3), 55–72.
- Pangestu, M. (2021). *Traditional methods of salt production and its impact on sustainability: A study from Kalimantan*. *Journal of Traditional Resource Management*, 12(1), 55-68. <https://doi.org/10.1016/j.jtrm.2021.01.008>
- Puyok, A., & Bulan, L. (2020). Ethno-ecological Knowledge of Lundayeh Communities in Borneo Highlands. *Borneo Cultural Studies Review*, 4(2), 44–62.
- Rahim, M., et al. (2022). Biodiversity Assessment of Highland Wetland Ecosystems in North Kalimantan. *Tropical Ecology Journal*, 61(1), 102–119.
- Rahman, A., Kham, A. S., & Abdullah, M. (2020). Mountain ecosystems and their biodiversity conservation: A focus on Asian regions. *Biodiversity and Conservation*, 29(7), 1791–1805.
- Rahman, Amril., Raharja, Sapta., & Kadarisman, Darwin. (2014). Evaluasi Kinerja Usaha Petani Garam Rakyat Di Kabupaten Bima, Nusa Tenggara Barat. (Online) Vol. 9(1). Diakses dari Garuda Ristekdikti 24 Oktober 2023.
- Rahman, F., et al. (2021). Application of GIS for Mapping Highland Mineral Springs. *Geospatial Science Review*, 8(1), 23–34.
- Sodhi, N. S., Brook, B. W., & Bradshaw, C. J. A. (2009). The Conservation of Biodiversity in the Tropics: A Global Perspective. *Biological Conservation*, 142(6), 1412–1422.
- Sugiarto, A. (2018). *Traditional ecological knowledge in Kalimantan: Case of salt production*. *Environmental Science and Policy for Sustainable Development*, 39(4), 108-119. <https://doi.org/10.1080/22239949.2018.1562225>
- Suharno, I., et al. (2022). Diversity of Halophilic Microorganisms in Traditional Salt Springs in Borneo. *Indonesian Journal of Microbiology*, 17(2), 88–96.
- Sulistiyanto, B. (2020). Hydrogeological Mapping of Salt Springs in the Highlands of Borneo. *Geological Research Reports*, 15(4), 203–215.

- Susanto, E. (2019). *Impact of environmental changes on traditional resource systems in Indonesia*. Global Environmental Change, 58, 102-114. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.01.002>
- Tarika, S., & Pritisari, A. C. (2024). Pengembangan LKPD PjBL Terintegrasi Kearifan Lokal Pembuatan Garam Madura untuk Kelas IV SDN Saronggi 1. *Jurnal Riset Madrasah Ibtidaiyah (JURMIA)*.
- Wang, Z., Liu, S., & Zhang, X. (2020). *Sustainability of indigenous resource management practices in Southeast Asia*. Journal of Environmental Sustainability, 43(5), 224-237. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.03.008>
- Yunus, F., & Rahmad, D. (2021). Geological Origin and Mineral Characteristics of Salt Springs in Northern Borneo. *Earth Science Letters*, 58(2), 76–90.
- Zhang, Y., & Liu, Q. (2022). *Climate change and its effects on traditional resource practices in Southeast Asia*. Environmental Management and Policy, 40(2), 140-155. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.03.009>
- Zhang, L., Wang, S., & Zhao, Y. (2019). Environmental impacts and ecological sustainability of salt production: A review of current practices and future prospects. *Journal of Environmental Management*, 241, 278–289.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).