

BAB 4

Peran Kearifan Ekologi dalam Melestarikan Biodiversitas Taman Nasional Bromo-Tengger

Endang Surjati¹

A. Transformasi pengetahuan ekologi menjadi kearifan ekologi

Indonesia merupakan negara dengan megabiodiversitas kedua setelah Brasil. Hal ini didukung dengan letak Indonesia yang berada pada iklim sub-tropis dengan jumlah penyinaran matahari yang relatif konstan, memiliki suhu rata-rata yang tidak terlalu dingin yaitu 27.5°C hampir di sepanjang tahun dan terdapat dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Beberapa habitat ekosistem hutan diantaranya hutan hujan tropis, hutan mangrove, hutan savana, hutan pegunungan, dan hutan

Endang Surjati

¹Universitas PGRI Kanjuruhan Malang,

*Email: surjati@unikama.ac.id

© 2025 Editor & Penulis

Surjati, E. (2025). Peran Kearifan Ekologi dalam Melestarikan Biodiversitas Taman Nasional Bromo-Tengger. Dalam Ariffudin, I & Liskinasih, A (Eds).

gambut. Hutan tersebut memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Sebagian wilayah pegunungan di Indonesia memiliki biodiversitas yang sangat kaya. Setiap kenaikan ketinggian 100 m, suhu akan turun 0.65°C ((Kendal, 2022). Misalnya, jika di permukaan laut suhu rata-rata adalah 24°C , pada ketinggian 10.000 kaki suhu rata-rata hanya 17.5°C . Hal ini berdampak cukup signifikan terhadap distribusi tumbuhan dan hewan.

Indonesia termasuk dalam hutan hujan tropis, karena berada di antara Garis Balik Utara dan Garis Balik Selatan, menerima curah hujan secara teratur sepanjang tahun (80-400 inci per tahun) dan suhu rata-rata antara 22°C dan 29.5°C (Astriyantika, et., 2014). Hutan hujan tropis hanya meliputi 40% dari hutan tropis dunia dan hanya 20% dari total hutan dunia (Hidayat et., 2007). Hutan hujan tropis hanya mencakup kurang dari 5% permukaan daratan Bumi. Hutan hujan tropis adalah habitat bagi setengah spesies tumbuhan dan hewan di Bumi. Hutan hujan tropis juga sebagai habitat bagi banyak burung yang berkembang biak di daerah beriklim sedang yang menjadi salah satu hutan belantara dengan keunikan tersendiri di Bumi. Selain sebagai habitat flora dan fauna, hutan hujan tropis adalah rumah bagi budaya suku yang telah bertahan hidup di hutan selama ribuan tahun.

Hutan merupakan sumber potensial tanaman pangan dan obat yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar hutan. Ekosistem hutan hujan didasarkan pada saling ketergantungan yang sangat kompleks antara tumbuhan dan hewan. Inilah kekuatan sekaligus kelemahan hutan, yaitu

menjadikan organisme yang sangat terspesialisasi sangat rentan terhadap gangguan, karena mereka tidak dapat beradaptasi cukup cepat untuk bertahan hidup dari perubahan (Nisa et al., 2021). Hutan hujan tropis membantu menjaga pola hujan dan cuaca global. Sebagian besar air yang menguap dari pepohonan kembali dalam bentuk curah hujan, oleh karena itu penebangan hutan dapat mengubah pola curah hujan alami.

TNBT merupakan salah satu taman nasional dengan keanekaragaman hayati yang tinggi di Jawa Timur. Ditetapkannya kawasan TNBT sebagai taman nasional karena memiliki potensi kekayaan alam yang tinggi dan langka. Kekayaan alam tersebut berupa fenomena Kaldera Tengger dengan lautan pasir yang luas, pemandangan alam dan atraksi geologis Gunung Bromo dan Gunung Semeru, keragaman flora langka dan endemik serta potensi hidrologis yang tinggi termasuk keberadaan 6 buah danau alami yang indah dan menjadi daerah tujuan wisata (Zayadi et al., 2024). Kawasan ini merupakan kawasan yang masih memiliki luasan hutan yang cukup dan keanekaragaman jenis flora yang tinggi, termasuk tanaman jenis obat-obatan. Beberapa tanaman obat, tanaman perkebunan dan sayur banyak terdapat di wilayah ini.

Interaksi antara manusia dan lingkungan akan menimbulkan perubahan-perubahan pada bumi seperti perubahan iklim. Perubahan-perubahan tersebut merujuk pada tindakan manusia yang mengakibatkan perubahan pada lingkungan alam sebagai intervensi. Interaksi tersebut telah dilakukan oleh manusia zaman purba dengan

melakukan perburuan dan mengumpulkan hasil hutan yang pada intinya juga mengubah lingkungan mereka, tetapi jumlah dan teknologi mereka belum cukup untuk membuat perubahan yang signifikan. Kemudian, manusia mulai menggunakan api, mengalihkan air, dan mengelola vegetasi. Skala intervensi di alam, dalam hal dimensi fisik dan temporal, mulai tumbuh. Perubahan ini sering kali didasarkan pada pengetahuan terbatas tentang ilmu yang mendasarinya tetapi kesadaran yang cukup tentang hasilnya untuk menerapkan intervensi tersebut demi manfaat manusia.

Sejak saat itu, ilmu pengetahuan mulai meningkat, teknologi telah berkembang lebih jauh, dan populasi semakin tumbuh. Bagi banyak orang, hal ini telah menyebabkan peningkatan harapan hidup, peningkatan waktu luang, lebih banyak barang material, dan kontribusi lain terhadap kualitas hidup. Namun, sementara kemampuan manusia untuk mengeksploitasi alam telah menghasilkan banyak hasil positif, tindakan kolektif sekarang juga dapat memiliki dampak lokal yang serius pada kesehatan dan kesejahteraan manusia juga membawa dampak jangka panjang secara global.

Kearifan lokal menjadi kunci sumber pengetahuan untuk memahami bagaimana interaksi antara manusia dan lingkungan (Chu et al., 2018). Lingkungan sebagai tempat hidup yang memberikan semua kebutuhan untuk kesejahteraan manusia. Sedangkan, manusia berperan untuk memanfaatkan dan menjaga lingkungan yang akan bermanfaat secara berkelanjutan. Oleh karena itu pentingnya

keberlanjutan ekologi dan sosial budaya menjadi komponen kunci bagaimana interaksi manusia dan lingkungan dapat berjalan secara harmonis.

Kehidupan manusia perlu ditunjang oleh lingkungan yang sehat dan mendukung untuk berkehidupan yang baik. Pelayanan ekosistem memberikan manfaat bagi manusia baik langsung maupun tidak langsung. Manusia bisa secara langsung memanfaatkan hasil hutan, hasil kebun untuk pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari terutama pangan dan tempat tinggal. Demikian juga manusia juga memerlukan lingkungan yang sehat untuk bisa hidup dengan baik. Manusia mempunyai potensi untuk mampu beradaptasi dengan lingkungan dalam keberlangsungan hidupnya.

Berbeda halnya dengan lingkungan, keberlangsungannya sangat dipengaruhi oleh aktivitas antroposentris. Bagaimana manusia mengelola lingkungan akan berdampak pada bagaimana pelayanan yang diberikan oleh lingkungan kepada manusia. Kearifan lokal dalam menjaga lingkungan telah lama diturunkan oleh para leluhur dalam kaitannya bagaimana hidup harmoni dengan alam (Kuspraningrum et al., 2020). Nilai-nilai kearifan lokal tersebut tentunya akan menjadi nilai-nilai yang dijunjung sebagai dasar pengetahuan bagaimana menjaga lingkungan secara berkelanjutan.

Kearifan lokal merupakan penanaman nilai-nilai yang melekat dalam budaya setempat untuk mengelola lingkungan yang berkelanjutan (Rukayah et al., 2023). Nilai-nilai tersebut sangat diperlukan sebagai alat untuk menjaga kehidupan yang harmonis dengan lingkungan. Peran

kearifan lokal sangat diperlukan dalam menjaga kelestarian keanekaragaman hayati yaitu untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan lingkungan. Masyarakat adat sering kali memiliki pengetahuan tradisional yang diwariskan turun-temurun untuk mengelola sumber daya alam secara bijaksana. Misalnya, mereka menerapkan sistem rotasi lahan, larangan panen berlebihan, serta ritual penghormatan terhadap alam untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Dalam praktik pertanian, kearifan lokal juga berperan dalam pemanfaatan biodiversitas, seperti pemilihan tanaman yang sesuai dengan kondisi tanah dan iklim setempat, serta penggunaan bahan alami sebagai pupuk organik (Zayadi et al., 2024). Selain itu, masyarakat adat sering kali memiliki pengetahuan tentang tanaman obat dan cara pengelolaan hutan yang lestari, yang membantu melestarikan berbagai spesies flora dan fauna (Bhagawan et al., 2023). Beberapa kearifan lokal dalam masyarakat ada untuk menjaga biodiversitas dan ekosistem yang berkelanjutan, yaitu pemanfaatan sumber daya alam dengan tetap memperhatikan regenerasi ekosistem, sistem rotasi tanaman untuk keseimbangan ekosistem, memanfaatkan flora dan fauna sesuai kebutuhan dan menjaga keberlanjutannya, memilih tanaman sesuai dengan kondisi tanah, penggunaan pupuk organik, dan sistem kalender pertanian (*crop calender*) (Astriyantika, et., 2014). Sehingga akan tercipta interelasi antara manusia dan alam.

Kearifan ekologi (*ecological wisdom*) merupakan nilai-nilai kearifan lokal yang diambil untuk hidup yang

berkelanjutan dan terus berkembang melalui proses adaptasi manusia terhadap lingkungan (Z. Lin et al., 2024). Menurut kamus bahasa Indonesia daring, kearifan adalah kepandaian menggunakan akal budinya (pengalaman dan pengetahuannya) serta kecakapan bertindak apabila menghadapi kesulitan.

Definisi yang diberikan oleh Yang (2019), yaitu :

“Kearifan ekologis adalah keterampilan utama yang sangat baik dalam improvisasi moral untuk dan dari praktik ekologis; kearifan ini memungkinkan seseorang, komunitas, atau organisasi untuk membuat penilaian etis dan mengambil tindakan hati-hati dalam keadaan praktik ekologis tertentu; kearifan ekologis adalah keseluruhan yang kohesif dari kepercayaan ekosofis dalam hubungan timbal balik manusia-alam dan kemampuan ekofronetik untuk membuat dan bertindak dengan baik, berdasarkan pilihan yang tepat secara kontekstual dan etis” (Yang, 2019).

Definisi ini menyoroti dua karakteristik penentu kearifan ekologi—kemampuan dalam praktik ekologi untuk mencapai cita-cita kesatuan pengetahuan moral dan tindakan berbudi luhur, dan kemampuan untuk melakukan penelitian praktik ekologi yang unggul. Pada intinya kearifan ekologi adalah setiap tindakan yang dilakukan dengan mengkolaborasikan antara pengetahuan dan nilai-nilai sebagai sarana untuk mengetahui, memahami, dan menerapkan informasi ekologis sebagai panduan untuk

perencanaan dan pengelolaan yang baik. Dapat juga dikatakan secara sederhana bahwa kearifan ekologi sebagai 'kebijaksanaan peradaban' yang merupakan kesatuan organik antara ilmu pengetahuan dan etika (nilai-nilai). Kebijakan dianggap sebagai sifat kepribadian, yang terkait dengan pengetahuan, sedangkan perolehan pengetahuan tidak menjamin perolehan kebijaksanaan.

Kearifan ekologi adalah konsep yang menggabungkan ilmu pengetahuan modern dengan praktik budaya dan sejarah untuk menciptakan solusi berkelanjutan dalam pengelolaan lingkungan. Konsep ini berfokus pada pemahaman mendalam tentang ekosistem dan bagaimana manusia dapat hidup selaras dengan alam tanpa merusaknya. Dalam konteks ini maka individu ataupun masyarakat diharapkan mampu untuk mengkolaborasikan antara etika, pengetahuan, kemampuan, dan keberanian secara bijak untuk melakukan hal yang benar dalam perencanaan, perancangan, dan pengelolaan sosio-ekosistem, sebagaimana telah terwujud pada masa yang telah lama ada, instrumen kebijakan yang efektif, dan berdasarkan nilai-nilai yang diyakini.

Dalam masyarakat kontemporer dengan transformasi sosial-ekologis yang belum pernah terjadi sebelumnya, praktik ekologi terjadi dalam sistem sosial-ekologis di mana nilai-nilai dan kepentingan manusia beragam di berbagai kelompok sosial, ekonomi, dan budaya, dan di mana kepentingan pribadi manusia mungkin tidak selalu sejalan dengan kepentingan makhluk non-manusia (L. Lin & Gui, 2024). Modal intelektual dan karakter yang tak ternilai dari

kebijaksanaan praktis ekologis terus berkembang dalam masyarakat kontemporer dengan transformasi sosial-ekologis yang belum pernah terjadi sebelumnya, yang merangsang kemajuan dalam sains modern dan menginspirasi inovasi teknologi dan rekayasa untuk kebaikan yang lebih besar.

B. Menemukan kembali kearifan ekologi

Pengetahuan keanekaragaman hayati merupakan salah satu pengetahuan tradisional yang telah diturunkan dari beberapa generasi sebelumnya. Pengetahuan tradisional tersebut dipergunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah permasalahan yang terkait dengan biodiversitas yang ada pada Suku Tengger. Tengger merupakan kawasan yang memiliki biodiversitas yang tinggi dan tentunya menghadapi berbagai tantangan dan permasalahan dalam melestarikan kehatinya. Berikut ini beberapa permasalahan yang dihadapi, yaitu :

1. Kehilangan Habitat

Habitat adalah lingkungan alami sebagai tempat tinggal sekumpulan organisme atau spesies tertentu, di mana organisme tersebut hidup, berkembang biak, dan memperoleh kebutuhan hidupnya, seperti makanan, air, tempat berlindung, dan ruang. Komponen utama habitat adalah komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (lingkungan fisik). Kedua komponen tersebut mempengaruhi kelangsungan hidup organisme di dalam suatu habitat.

Habitat dapat bervariasi dalam skala dan jenis, misalnya habitat darat seperti hutan, padang rumput, gurun, dan pegunungan dan habitat perairan seperti sungai, danau, rawa, laut, dan samudra. Setiap spesies memiliki habitat yang spesifik, yang menyediakan kondisi optimal untuk kelangsungan hidupnya. Jika habitat terganggu atau rusak, organisme dalam habitat tersebut mungkin sulit bertahan atau harus beradaptasi, bermigrasi, atau berisiko punah.

Pengembangan lahan untuk perumahan, pertanian, dan peternakan sering kali menyebabkan deforestasi dan kerusakan habitat alami. Ini menjadi ancaman terbesar bagi banyak spesies yang sulit beradaptasi dengan perubahan ini. Seiring dengan konversi hutan, telah menghilangkan habitat komponen biodiversitas. Ini merupakan ancaman dari Biodiversitas yang spesiesnya menjadi mata rantai siklus kehidupan dan menghilangkan potensi untuk penopang kehidupan di masa depan.

2. Perubahan Iklim

Perubahan iklim berdampak pada pola migrasi, siklus hidup, dan habitat spesies, yang pada akhirnya mengancam keanekaragaman hayati. Banyak spesies-spesies yang akan berkurang jumlahnya bahkan akan punah karena tidak mampu untuk beradaptasi dengan perubahan iklim, termasuk spesies-spesies yang berperan penting dalam ekosistem tanaman pangan. Misalnya, penurunan populasi serangga penyerbuk akibat perubahan iklim dapat berdampak negatif pada produksi buah dan biji (Setyawan, 2015).

Perubahan iklim juga akan meningkatnya suhu dan perubahan curah hujan dapat memperluas wilayah sebaran hama dan penyakit tanaman, sehingga akan berdampak pada kehilangan pangan masyarakat (Rusmayadi et al., 2024). Adapun dampak perubahan iklim tidak hanya dirasakan secara langsung melalui perubahan lingkungan fisik, tetapi juga melalui rantai pasokan dan ekonomi global. Penurunan produktivitas tanaman pangan dapat mengganggu stabilitas pasar makanan, menyebabkan kenaikan harga, dan mengancam ketahanan pangan, terutama di negara-negara berkembang yang sangat bergantung pada pertanian sebagai sumber utama pendapatan dan pangan.

3. Pemanfaatan hasil alam tanpa upaya budidaya

Pemanfaatan hasil alam yang dilakukan tanpa upaya-upaya untuk melakukan budidaya akan berdampak pada langkanya diversitas dan bahkan dapat menghilangkan spesies yang ada di muka Bumi. Beberapa pemanfaatan lahan yang tidak dilandasi oleh pengetahuan dan nilai-nilai kearifan lokal, yaitu :

1) Perburuan dan Penangkapan Ilegal

Perburuan dan penangkapan ilegal hewan, seperti satwa liar dan ikan, juga menjadi masalah besar yang berdampak negatif pada keanekaragaman hayati.

2) Pemanfaatan Tidak Berkelanjutan

Eksplorasi berlebihan terhadap sumber daya alam, seperti penebangan liar dan penangkapan ikan yang tidak terkendali, dapat menyebabkan kepunahan

spesies. Pemanfaatan lahan yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Beberapa tanaman obat yang berada di wilayah TNTBS banyak yang langka karena tidak dibudidayakan dengan baik

4. Kerusakan lingkungan.

Indeks keanekaragaman fauna di daerah Bromo paling rendah, hal ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya pH tanah, bahan organik tanah dan rasio C/N sedangkan total Sulfur tanah sangat tinggi (Nisa et al., 2021). Kondisi ini menyebabkan tumbuhan yang berperan sebagai produsen tidak mampu tumbuh dengan baik, sehingga fauna yang berada pada tingkat trofik yang lebih tinggi jumlahnya terbatas.

Polusi lingkungan seperti polusi udara, air, dan tanah dapat merusak ekosistem dan mengganggu keseimbangan hayati, yang berdampak pada biodiversitas. Polusi yang ada di daerah Tengger merupakan konsekuensi logis dari berkembangnya wilayah tersebut sebagai ekowisata dan geopark. Karena dengan potensi alam yang indah banyak mengundang baik wisatawan domestik maupun mancanegara yang dapat menimbulkan penumpukan sampah.

5. Keterbatasan sumber daya alam

Sumber daya alam memiliki keterbatasan dalam menyediakan sumber energi bagi manusia. Kecepatan pemanfaatan sumber daya alam oleh manusia tidak

diimbangi oleh kecepatan sumber daya alam untuk memulihkan diri. Sumber daya alam yang ada di permukaan Bumi sangatlah terbatas, hal ini bisa diketahui dari beberapa hal :

- 1) Semakin langkanya ruang (semakin tingginya densitas) sebagai akibat semakin meningkatnya penggunaan ruang untuk berbagai kebutuhan dan dalam skala yang besar, seiring dengan meningkatnya populasi dan ragam kebutuhan manusia;
- 2) Habisnya sumber daya alam untuk kebutuhan saat ini dan kemungkinan tidak menyisakan cadangan untuk generasi mendatang;
- 3) Semakin terganggunya manusia oleh “limbah/buangan” manusia sendiri, karena ruang pembuangan semakin terbatas.

Sebagai akibatnya, kualitas jasa alam yang kita gunakan semakin menurun. Kita menghirup udara yang semakin kotor, kita meminum air yang semakin berisi pollutant, dan kita bercocok tanam di lahan yang semakin terkontaminasi, sehingga tumbuhan yang kita konsumsi juga mengandung bahan yang berbahaya untuk kesehatan manusia. Hal-hal ini menunjukkan bahwa pada akhirnya planet yang besarnya tetap akan semakin sesak dan semakin terdegradasi kualitasnya

Kebutuhan lahan untuk permukiman dan infrastruktur mobilitas manusia, untuk industri, produksi pangan dan penggunaan lain, memperluas jumlah hutan yang harus

dikonversi. Konversi hutan telah meningkatkan jumlah emisi karbon dan daya serap bumi terhadap karbon. Meluasnya lahan untuk industri dan mobilitas manusia sejalan dengan human induced climate change; dan mengurangi habitat untuk keanekaragaman hayati. Sementara jumlah lahan tidak bertambah, namun lahan yang menjadi daya topang biodiversitas, daya regenerasi dan siklus untuk air dan udara berkurang. Hal ini semakin mempercepat tercapainya batas planet (kemampuan Bumi menopang kehidupan) untuk kehidupan manusia, dan pada gilirannya keberadaan masyarakat adat dan kearifan lokal semakin terancam oleh eksploitasi sumber daya alam, deforestasi, dan perubahan iklim. Oleh karena itu, penting untuk mengangkat peran kearifan ekologi masyarakat adat Suku Tengger dalam konservasi biodiversitas demi keberlanjutan lingkungan.

6. Pudarnya pengetahuan lokal

Memahami kembali pengetahuan lokal yang telah diturunkan oleh leluhur sangat penting dalam pembangunan peradaban modern. Hal tersebut dilandasi karena, pertama, pengetahuan leluhur merepresentasikan kearifan kolektif yang telah teruji waktu, seringkali selama ribuan tahun, dan menyediakan perspektif alternatif terhadap tantangan kontemporer. Kedua, pengetahuan ini mengandung solusi berkelanjutan yang telah dikembangkan melalui observasi jangka panjang terhadap lingkungan lokal.

Masyarakat adat Suku Tengger diketahui masih menggunakan tanaman obat untuk mengobati beberapa penyakit lokal dan ringan. Mereka cenderung memanfaatkan

dukun untuk mendapatkan pengobatan berbagai penyakit kesehatan (Juma & Rohman, 2019). Keuntungan lain dari perilaku hidup bermasyarakat adat Suku Tengger adalah dukun tidak menyembunyikan pengetahuannya, tetapi justru dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kepentingan mereka.

Pengetahuan lokal masyarakat adat Suku Tengger tersebut pada akhirnya terkikis oleh Era milenium yang diwarnai oleh modernitas, dan masyarakat – terutama generasi muda - yang awalnya mempercayakan kesehatan pribadi kepada tanaman sekitar, beralih ke obat-obatan kimia yang dijual di pasaran. Ditambah dengan berdirinya Pusat Kesehatan Masyarakat di daerah tersebut semakin mendorong ditinggalkannya metode tradisional, sehingga menyebabkan punahnya pengetahuan adat yang berharga. Hal tersebut menyebabkan kegagalan dalam mengubah keberagaman biodiversitas menjadi kekayaan ekonomi. Potensi yang melekat sebagai akar kearifan lokal jika tidak dikelola dengan sebagaimana mestinya tidak menutup kemungkinan akan dilirik oleh negara-negara lain untuk dipatenkan.

Keterbatasan pengetahuan dan sumber daya untuk konservasi keanekaragaman hayati juga menjadi tantangan tersendiri, terutama di negara berkembang pada umumnya dan masyarakat adat Suku Tengger pada khususnya. Pengetahuan ekologi tradisional, yang diyakini memiliki kapasitas mendalam dalam menopang masa depan bangsa, terkadang diabaikan dan dikesampingkan demi ilmu pengetahuan modern.

C. Analisa dampak memudarnya Kearifan Ekologi

Secara geografis, kawasan TNBTS terletak antara $7^{\circ}54'00''$ – $8^{\circ}13'00''$ LS dan $112^{\circ}51'00''$ – $113^{\circ}04'00''$ BT yang dibagi menjadi 5 zonasi yaitu zona inti, zona rimba, zona pemanfaatan intensif, zona pemanfaatan tradisional dan zona rehabilitasi. Dilihat dari ekosistemnya, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru memiliki tiga tipe ekosistem, yaitu ekosistem sub-montana, montana dan sub-alpine, dengan rentang ketinggian antara 750 – 3676 m di atas permukaan laut. Rentang ketinggian yang begitu lebar ini memungkinkan kawasan konservasi tersebut memiliki keragaman hayati yang cukup tinggi dengan karakter vegetasi yang khas dataran tinggi basah.

Kawasan TNBTS merupakan daerah vulkanis dengan formasi geologi yang terdiri dari hasil aktivitas gunung api kuartar muda dan tua. Secara geologis Gunung Bromo dan Gunung Semeru terbentuk akibat subduksi Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia, yang menyebabkan aktivitas vulkanik di sepanjang busur Sunda. Struktur geologi di kawasan ini menghasilkan batuan yang tidak padat dan mudah tererosi, terutama saat musim hujan. Ditinjau dalam perspektif Geomorfologi, maka Gunung Bromo memiliki kaldera luas yang dikenal sebagai Lautan Pasir, yang terbentuk dari letusan besar di masa lalu. Sedangkan Gunung Semeru, sebagai gunung tertinggi di Pulau Jawa (3.676 mdpl), memiliki kerucut vulkanik aktif dengan kawah utama bernama Jonggring Saloko. Bentang alam di sekitar Bromo dan Semeru terdiri dari bukit-bukit vulkanik, kerucut-

kerucut kecil, serta endapan piroklastik yang terus berubah akibat aktivitas vulkanik.

Jenis tanah berdasarkan peta tanah tinjau Provinsi Jawa Timur tahun 1966 adalah regusol dan litosol. Jenis tanah ini berasal dari abu dan pasir vulkanis intermedia sampai basis dengan sifat permeabilitas sangat tinggi dan lapisan teratasnya sangat peka terhadap erosi. Kondisi hidrologis kawasan TN-BTS didukung oleh 50 sungai dan 4 danau. Danau-danau tersebut diantaranya adalah Ranu Darungan, Ranu Pane, Ranu Regulo dan Ranu Kumbolo. Berdasarkan klasifikasi tipe iklim Schmidt dan Ferguson, iklim di kawasan taman nasional ini termasuk iklim tipe A meliputi daerah semeru, tipe B dengan nilai Q sebesar 14,36% dan curah hujan rata-rata 6604,4 mm/tahun. Kelembaban udara di sekitar lautan pasir cukup tinggi yaitu maksimal mencapai 90 - 97% dan minimal 42 - 45% dengan tekanan udara 1007 - 1015,7 mm Hg. Suhu udara rata-rata berkisar antara 5°C - 22°C.

Penduduk kawasan TN-BTS didominasi oleh masyarakat dari Suku Tengger. Dua desa yang ada di dalam kawasan TN-BTS adalah Desa Ngadas dan Desa Ranu Pani. Penduduk Suku Tengger ini telah menetap di kawasan pegunungan Tengger pada abad ke-9 Masehi. Mereka menetap sejak zaman Kerajaan Medang di Jawa Timur. Sebaran spasial masyarakat Suku Tengger meliputi di sekeliling perbatasan TN-BTS yang meliputi beberapa kabupaten, yaitu Kabupaten Malang, Pasuruan, Probolinggo dan Lumajang.

Kepadatan penduduk di daerah ini relatif rendah dibandingkan dengan wilayah perkotaan, karena sebagian

besar wilayahnya berupa pegunungan dan hutan konservasi. Mayoritas penduduk bekerja di sektor pertanian, terutama dalam budidaya kentang, kubis, dan bawang merah yang cocok dengan iklim pegunungan. Pariwisata juga menjadi sumber ekonomi utama, dengan banyak penduduk yang bekerja sebagai pemandu wisata, pengelola homestay, dan penyedia jasa transportasi jeep. Sebagian kecil penduduk masih menjalankan peternakan kuda, yang digunakan untuk transportasi wisata di sekitar Gunung Bromo.

Berdasarkan rentang ketinggian kawasan TN-TBS yaitu antara 750 – 3676 m di atas permukaan laut, menjadikan kawasan konservasi tersebut memiliki keragaman hayati yang cukup tinggi dengan karakter vegetasi yang khas dataran tinggi basah seperti edelweiss (*Anaphalis javanica*), cemara gunung (*Casuarina junghuhniana*.) dan adas (*Foeniculum vulgare*). Demikian halnya dengan beberapa jenis tumbuhan obat langka yang masih dapat ditemukan di kawasan ini seperti sintok (*Cinnamomum sintoc*), purwaceng (*Pimpinella pruatjan*), pronojiwo (*Euchresta horsfieldii*) dan pulosari (*Alyxia reinwardtii*). Beberapa jenis tumbuhan semak seperti *Elatostema* sp., *Cyrtandra* sp., *Curculigo* sp., *Etlingera* sp., serta keluarga paku-pakuan dari marga *Pteris* dan *Asplenium* cenderung sering ditemui di sekitar tumbuhnya pronojiwo maupun sintok.

Selain tanaman obat tersebut juga terdapat potensi pengobatan tradisional berbasis tanaman obat dengan nama lokal, seperti bawang putih, air kecubung gunung, jambu wer, alang-alang, suripandak, pepaya muda, purwoceng, krangean, adas, kayu ampet, pulosari, dringu, sempetan,

jamur impes, pronojiwo, tepung otot, tepung otot, asem radak tengger, dan terong belanda.

Kawasan TN-TBS juga memiliki keanekaragaman satwa yang cukup tinggi, termasuk spesies endemik dan dilindungi. Beberapa jenis satwa yang dapat ditemukan di kawasan TN-TBS yaitu jenis mamalia (seperti Macan tutul Jawa, Lutung Jawa, dan Rusa Jawa), jenis burung (Elang Jawa, Kangkareng perut putih dan Jalak suren), jenis Reptil dan Amfibi (Ular sanca kembang, Kodok batu, Bunglon hutan Jawa), dan Jenis Serangga dan Invertebrata (Kupu-kupu raja dan Laba-laba pemburu).

Kepercayaan Suku Tengger memiliki akar sejarah yang kuat yang berasal dari masa Kerajaan Majapahit. Ketika kerajaan Hindu-Buddha ini mengalami kemunduran akibat ekspansi Kerajaan Demak yang bercorak Islam pada abad ke-16, sebagian masyarakat Majapahit memilih mengungsi ke daerah pegunungan Tengger untuk mempertahankan keyakinan mereka.

Nama “Tengger” sendiri diyakini berasal dari gabungan nama dua tokoh leluhur mereka, yaitu Rara Anteng dan Jaka Seger, yang dipercaya sebagai pemimpin pertama komunitas ini. Mereka membentuk masyarakat yang tetap mempertahankan ajaran Hindu, meskipun di sekelilingnya banyak wilayah yang beralih ke Islam. Hingga kini, Suku Tengger masih menjalankan berbagai ritual Hindu seperti Yadnya Kasada, yang merupakan bentuk penghormatan kepada Gunung Bromo dan leluhur mereka.

Kepercayaan Suku Tengger tidak hanya berakar pada sejarah Majapahit, tetapi juga berkembang dengan nilai-nilai lokal yang menekankan keseimbangan dengan alam dan kehidupan yang harmonis. Suku Tengger memiliki berbagai bentuk kearifan ekologis yang telah diwariskan turun-temurun untuk menjaga keseimbangan alam dan lingkungan mereka. Berikut beberapa contohnya:

- 1) **Pengelolaan Lahan dan Pertanian**
Masyarakat Tengger menerapkan sistem pertanian yang ramah lingkungan, seperti agroforestri, yang menggabungkan tanaman pertanian dengan pepohonan untuk menjaga kesuburan tanah dan mengurangi erosi.
- 2) **Konservasi Air**
Mereka memiliki tradisi menjaga sumber mata air dengan sistem perlindungan berbasis adat. Mata air dianggap sakral dan dijaga agar tetap bersih serta tidak dieksploitasi secara berlebihan.
- 3) **Pelestarian Flora dan Fauna**
Suku Tengger memiliki pengetahuan tradisional tentang tanaman endemik, seperti Edelweiss Jawa, yang mereka lindungi melalui aturan adat dan edukasi kepada generasi muda.
- 4) **Ritual Adat yang Berorientasi pada Alam**
Upacara Kasada, yang dilakukan di Gunung Bromo, bukan hanya ritual keagamaan tetapi juga bentuk penghormatan terhadap alam. Dalam prosesi ini, masyarakat memberikan sesaji kepada gunung sebagai simbol keseimbangan antara manusia dan lingkungan.

Kearifan Ekologi masyarakat adat Suku Tengger

Konservasi *in situ* tanaman obat dilakukan oleh masyarakat adat Tengger dengan pengetahuan tradisional mereka yang sederhana, yaitu membiarkan tanaman obat tumbuh di sekitar habitat alami mereka. Mereka juga menanam tanaman tersebut secara sengaja di pekarangan, kebun, dan hutan, tanpa mengubah kondisi yang mendukung pertumbuhannya (Kuspraningrum et al., 2020). Menurut Kuspraningrum (2020), terlepas dari proses perawatan yang digunakan untuk meregenerasi tanaman, masyarakat adat cenderung membentuk kelompok kecil seperti pilar lingkungan dengan program yang disebut apotek, yang mendorong masing-masing dari mereka untuk menanam tanaman obat di setiap halaman rumah mereka. Proses ini efektif karena memungkinkan ketersediaan tanaman obat saat dibutuhkan. Misalnya, ketika penduduk asli Tengger merasa tidak enak badan, mereka memasak tanaman adas, yang menghangatkan perut mereka dan membuat mereka merasa lebih baik.

Masyarakat adat Tengger diketahui masih menggunakan tanaman obat untuk mengobati beberapa penyakit lokal dan ringan. Mereka cenderung memanfaatkan dukun untuk mendapatkan pengobatan berbagai penyakit kesehatan (Juma & Rohman, 2019). Keuntungan lain dari perilaku hidup bermasyarakat di suku Tengger adalah dukun tidak menyembunyikan pengetahuannya, tetapi justru dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kepentingan mereka (Kuspraningrum et al., 2020). Pengetahuan tentang tanaman obat tradisional dimiliki oleh masyarakat adat Tengger, yang

memberikan mereka tiga komponen yang dikelola dan dilindungi secara berkelanjutan. Pertama, pengelolaan tanaman obat dan pengetahuan tradisionalnya yang memadai akan meningkatkan peluang usaha di bidang pengobatan yang diharapkan dapat meningkatkan pendapatan. Kedua, sedikitnya pelaku usaha yang memanfaatkan potensi dan pengetahuan tradisional untuk memanfaatkan tanaman obat. Hal ini dikarenakan dunia usaha lokal dan internasional saat ini tengah melirik pengobatan tradisional yang berbahan dasar tanaman dan pengetahuan terkaitnya. Beberapa negara memanfaatkan tanaman obat tradisional sehingga produksi tanaman obat meningkat. Misalnya, Tiongkok, Jepang, Chili, Kolombia, Prancis, Kanada, Inggris, dan Amerika Serikat masing-masing menggunakan 90%, 60-70%, 70%, 40%, 49%, 70%, 40%, dan 42% tanaman obat (Juma & Rohman, 2019). Data ini menunjukkan bahwa obat tradisional masih sangat diminati di pasaran dunia. Ketiga, mewajibkan pemerintah untuk mendorong pertumbuhan dan stabilitas ekonomi yang pada prinsipnya meningkatkan pendapatan dan perekonomian masyarakat.

Masyarakat sebagai pelaku utama pemerintah berkewajiban untuk mengarahkan, membimbing, dan melindungi mereka yang kurang peduli terhadap pelestarian tanaman obat. Hal ini dilakukan agar tanaman obat tidak rusak dan tidak dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab untuk mencari keuntungan melalui produksi dan perdagangannya. Ketidakmampuan masyarakat suku Tengger dalam memanfaatkan pengobatan tradisional secara baik dan benar, merugikan masyarakat

karena banyaknya keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan tanaman obat. Oleh karena itu, diperlukan tindakan konservasi *in situ* dan *ex situ* yang tepat.

Beberapa prinsip utama dalam kearifan ekologi (Z. Lin et al., 2024) yaitu :

- 1) Keberlanjutan, yaitu menggunakan sumber daya alam dengan bijak agar tetap tersedia untuk generasi mendatang.
- 2) Harmoni dengan alam, yaitu mengembangkan strategi yang tidak hanya menguntungkan manusia tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem.
- 3) Interdisipliner, yaitu menggabungkan ilmu lingkungan, budaya, sejarah, dan teknologi untuk menciptakan solusi yang lebih efektif.
- 4) Adaptasi dan Resiliensi, yaitu memahami perubahan lingkungan dan beradaptasi dengan cara yang tidak merusak ekosistem.

Kearifan ekologis ini menunjukkan bagaimana masyarakat Tengger hidup selaras dengan alam, menjaga ekosistem, dan memastikan keberlanjutan lingkungan bagi generasi mendatang.

D. Tantangan dan strategi manifestasi Kearifan Ekologi

Mengacu pada permasalahan dan analisis dampak yang telah disampaikan pada sub bab terdahulu, tentunya

diperlukan strategi dalam menghadapi tantangan dalam mewujudkan kearifan lokal di masa mendatang. Kearifan ekologi harus mampu menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang terkait dengan lingkungan. Berikut ini disampaikan mengenai tantangan dan strategi dalam mewujudkan kearifan ekologi dalam melestarikan biodiversitas di kawasan TN-TBS, yaitu :

1. Pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goal*)

Beberapa tantangan dalam mengejawantahkan pembangunan berkelanjutan diantaranya eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan, urbanisasi dan industrialisasi, pengelolaan sampah dan limbah, perubahan iklim, peran partisipasi masyarakat masih rendah dan kebijakan dan regulasi. Keadaan ini mendorong perlunya cara pembangunan yang baru, cara pembangunan yang memberikan peningkatan kesejahteraan masyarakat (*people and profit*), dengan tidak memberikan dampak buruk pada lingkungan hidup (Bumi), sehingga kualitas kehidupan saat ini tidak terganggu dan sumber daya alam akan tetap terjaga untuk menopang kehidupan generasi mendatang.

Esensi dari pembangunan berkelanjutan adalah internalisasi dampak setiap tindakan sosial dan ekonomi terhadap lingkungan hidup. Artinya, setiap kegiatan sosial dan ekonomi perlu menghindari/mencegah atau memperhitungkan dampaknya terhadap kondisi lingkungan hidup, agar lingkungan hidup tetap dapat menjalankan fungsinya untuk menopang kehidupan saat ini dan di masa

mendatang. *Sustainable Development Goals* bertumpu pada tiga pilar:

- (1) pilar Sosial, pembangunan manusia dalam ruang lingkup sosial;
- (2) pilar Ekonomi, pembangunan ekonomi;
- (3) pilar Lingkungan, termasuk Keanekaragaman hayati.

2. *Planetary boundaries*

Planetary boundaries adalah konsep yang bertujuan untuk mendefinisikan batas-batas aman untuk aktivitas manusia di bumi, guna menghindari kerusakan lingkungan yang tidak dapat diperbaiki. Konsep ini diperkenalkan oleh para ilmuwan yang dipimpin oleh Johan Rockström dari Stockholm Resilience Centre pada tahun 2009. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa perkembangan manusia tidak melampaui kapasitas bumi untuk mendukung kehidupan.

3. Konservasi lahan

Upaya konservasi, perlindungan habitat, dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan adalah kunci untuk menjaga biodiversitas. Tantangan yang dihadapi dalam mengintegrasikan tujuan ekonomi dan biodiversitas, seperti eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam yang dapat mengancam biodiversitas. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan pendekatan yang seimbang dan berkelanjutan dalam pembangunan ekonomi agar tidak merusak biodiversitas.

Tujuan ekonomi dan biodiversitas memiliki keterkaitan yang erat, karena keberlanjutan kedua aspek ini saling mempengaruhi. Berikut beberapa hubungan antara keduanya:

1. Pengelolaan Sumber Daya Alam, biodiversitas menyediakan berbagai sumber daya alam seperti pangan, air bersih, dan bahan baku industri. Pengelolaan yang berkelanjutan terhadap sumber daya ini sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi jangka panjang.
2. Ekosistem Layanan, biodiversitas menyediakan layanan ekosistem penting seperti penyerbukan tanaman, pengendalian hama, dan penyimpanan karbon. Layanan ini mendukung sektor pertanian dan ekonomi lainnya, yang pada gilirannya mendukung ketahanan pangan dan perubahan iklim.
3. Penciptaan Lapangan Kerja, industri yang bergantung pada biodiversitas, seperti pariwisata alam, perikanan, dan agrikultur organik, menciptakan lapangan kerja dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal.
4. Inovasi dan Teknologi, biodiversitas sering kali menjadi sumber inspirasi untuk inovasi teknologi dan produk baru. Misalnya, banyak obat-obatan modern yang berasal dari tanaman dan organisme lain, yang berkontribusi pada sektor kesehatan dan ekonomi.
5. Pengelolaan risiko, biodiversitas yang sehat membantu mengurangi risiko bencana alam seperti banjir dan tanah longsor dengan menjaga fungsi ekosistem yang seimbang. Ini pada akhirnya melindungi infrastruktur ekonomi dan mengurangi biaya pemulihan pasca bencana.

Beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi beberapa tantangan di atas, yaitu :

1) Edukasi dan Pelatihan Berkelanjutan

Mengadakan program pelatihan dan edukasi yang sederhana dan praktis tentang prinsip-prinsip ekonomi hijau. Ini bisa mencakup pelatihan tentang pertanian organik, pengelolaan limbah, dan penggunaan energi terbarukan.

2) Pendekatan Partisipatif

Melibatkan masyarakat secara langsung dalam perencanaan dan pelaksanaan inisiatif hijau. Dengan melibatkan mereka, masyarakat akan merasa memiliki dan lebih berkomitmen pada keberlanjutan program.

3) Dukungan Pemerintah dan Lembaga

Pemerintah dan lembaga non-pemerintah dapat memberikan dukungan melalui program bantuan, penyuluhan, dan pendanaan untuk proyek-proyek hijau di masyarakat.

4) Penggunaan Teknologi Sederhana

Memperkenalkan teknologi hijau yang mudah digunakan dan dipahami oleh masyarakat. Teknologi sederhana seperti kompos, sistem irigasi hemat air, dan panel surya kecil dapat diterapkan tanpa memerlukan pendidikan tinggi.

5) Penguatan Kearifan Lokal

Memanfaatkan pengetahuan lokal dan kearifan tradisional dalam pengelolaan lingkungan. Banyak masyarakat memiliki praktik ramah lingkungan yang dapat diintegrasikan dengan konsep ekonomi hijau.

6) Kesadaran dan Kampanye Publik

Mengadakan kampanye dan kegiatan yang meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan dan menerapkan praktik ramah lingkungan.

7) Kerjasama dengan Lembaga Pendidikan

Bekerjasama dengan sekolah dan lembaga pendidikan lokal untuk mengintegrasikan konsep ekonomi hijau dalam kurikulum dan kegiatan ekstrakurikuler.

Dengan strategi-strategi ini, masyarakat dengan tingkat pendidikan yang masih rendah dapat diarahkan untuk menjalankan ekonomi hijau secara efektif dan berkelanjutan. Komitmen pembangunan tidak hanya berfokus pada pembangunan manusia, namun juga pembangunan ekonomi ramah lingkungan serta pembangunan lingkungan hidup. Dengan demikian tujuan pembangunan berkelanjutan akan mampu menempatkan manusia sebagai pelaku sentral dan penikmat hasil pembangunan yang bertujuan untuk kesejahteraan manusia (*human wellbeing*).

E. Penutup

Masyarakat Suku Tengger telah lama memanfaatkan sumber daya alam hayati, khususnya tumbuhan sebagai bahan pemenuh kebutuhan hidup dan juga sebagai alternatif pengobatan. Pemanfaatan sumber daya ini digunakan pada tingkat yang tidak lebih cepat daripada yang dapat dihasilkan kembali oleh alam.

Salah satu tantangan masyarakat adat suku Tengger adalah berkembangnya Kegiatan wisatawan, karena

dikhawatirkan dapat menggeser pengetahuan, motivasi, perilaku, dan budaya tradisional masyarakat dalam pemanfaatan tumbuhan untuk menjaga kelestarian alam, sehingga dapat mengancam kelestarian sumberdaya alam hayati Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

Masyarakat adat Suku Tengger masih konsisten untuk menjaga budaya terutama melakukan ritual-ritual adat, seluruh tradisi mereka masih terjaga dan tidak terpengaruh oleh berbagai kunjungan wisatawan. Penilaian masyarakat petani dan non petani terhadap perspektif hutan masih tetap terjaga karena aturan adat, hutan adalah salah satu peninggalan leluhur yang harus dijaga dan keberadaannya sangat penting untuk menjadi pemasok segala kebutuhan dasar masyarakat. Masyarakat memahami dengan baik tentang sumber daya alam hayati di hutan sebagai pengetahuan turun-temurun mereka yaitu segala tumbuhan dan hewan di hutan dilindungi dan dikelola oleh pemerintah, dan bermanfaat untuk keberlangsungan hidup.

Inti dari kearifan ekologi adalah hubungan etis dan timbal balik antara manusia dan alam. Dalam masyarakat adat, alam bukan sekadar sumber daya, tetapi bagian dari kehidupan yang harus dihormati dan dijaga. Kearifan ekologi mencakup pengetahuan tradisional tentang lingkungan, praktik berkelanjutan, serta nilai-nilai etika yang memastikan keseimbangan ekosistem.

Perlunya untuk mengangkat pengetahuan lokal pada level global. Membangun jembatan antara pengetahuan leluhur yang terkandung dalam mitos dan pemahaman ilmiah modern bukanlah sekadar kegiatan preservasi budaya,

tetapi strategi adaptif untuk menghadapi kompleksitas tantangan peradaban saat ini. Masyarakat modern perlu mengembangkan literasi kultural yang memungkinkan interpretasi mitos sebagai wadah kearifan ekologi dan sosial yang relevan. Masyarakat yang lebih luas dapat belajar banyak dari keterampilan tradisional budaya adat dalam mengelola sistem ekologi yang sangat kompleks secara berkelanjutan

Referensi

- Astriyantika, et., A. (2014). *STUDI KONSERVASI SUMBERDAYA ALAM HAYATI PADA MASYARAKAT TENGGER DI RESORT RANU PANI, TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU* *Study of Biological Resources Conservation in Tengger Society at Ranu Pani Resort , Bromo Tengger Semeru National Park*. 19(1), 1–11.
- Bhagawan, W. S., Ekasari, W., & Agil, M. (2023). *Ethnopharmacology of medicinal plants used by the Tenggerese community in Bromo Tengger Semeru National Park , Indonesia*. 24(10), 5464–5477. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241028>
- Chu, Y., Hsu, M., & Hsieh, C. (2018). *An Example of Ecological Wisdom in Historical Settlement : The Wind Environment of Huazhai Village in Taiwan*. 7581. <https://doi.org/10.3130/jaabe.16.463>
- Hidayat et., al. (2007). *Kajian Ekologi Tumbuhan Obat Langka di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru*. 8(13), 169–173.
- Juma, Y., & Rohman, F. (2019). *Persepsi dan Apresiasi Masyarakat Suku Tengger terhadap Biodiversitas*

Tumbuhan Obat di Sekitar Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. 1(1), 1–7.

- Kendal, K. (2022). *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*. 11.
- Kuspraningrum, E., Luth, T., & At, R. S. (2020). *Review : The conservation of Tengger indigenous people ' s traditional knowledge of biological natural resource - based disease treatments*. 21(11), 5040–5053.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d211108>
- Lin, L., & Gui, Y. (2024). Traditional culture of settlements associated with the natural environment : the case of Yi minority Southwest China Traditional culture of settlements associated with the natural environment : the. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 00(00), 1–19.
<https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2373822>
- Lin, Z., Liang, Y., Chen, K., & Li, S. (2024). Ecological Wisdom and Inheritance Thinking of the Traditional Village ' s Water Resources Management in Taihang Mountains Ecological Wisdom and Inheritance Thinking of the Traditional Village ' s Water. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(1), 424–442.
<https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2228858>
- Nisa, R. K., Putri, E. K., Kuntjoro, S., & Artaka, T. (2021). *Keanekaragaman Spesies Anggrek di Ranu Darungan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Diversity of Orchid Species in Ranu Darungan Bromo Tengger Semeru National Park*. 10, 1–9.
- Rukayah, R. S., Vania, S. A., Abdullah, M., & Rukayah, R. S. (2023). Old Semarang City : the sustainability of traditional city patterns in Java Old Semarang City :

- the sustainability of traditional city patterns in Java. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(1), 68–83. <https://doi.org/10.1080/13467581.2021.2024196>
- Rusmayadi, G., Silamat, E., Abidin, Z., Anripa, N., Rubijantoro, S., Sitopu, J. W., Pangan, P. T., & Pertanian, A. (2024). *Analisis dampak perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman pangan*. 7, 9488–9495.
- Setyawan, A. D. W. I. (2015). *Diversity of Selaginella in the Bromo Tengger Semeru National Park , East Java*. 1(278), 1312–1317. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010609>
- Yang, B. (2019). *Ecological Wisdom - Theory and Practice*. Springer Nature Singapore Pte. Ltd.
- Zayadi, H., Hakim, L., & Batoro, J. (2024). *Plant diversity on coffee agroforestry land in the buffer zone of Bromo Tengger Semeru National Park in East Java , Indonesia*. 25(3), 1030–1036. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250316>