

Pengembangan Wisata Berkelanjutan Melalui Penghijauan Sarana Penunjang Wisata di Desa Sumberdodol Kabupaten Magetan

Isti Andini¹, Paramita Rahayu², Hakimatul Mukaromah³, Murtanti Jani Rahayu⁴

^{1,2,3,4}Pusat Informasi dan Pengembangan Wilayah, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Corresponding Author

Nama Penulis: Paramita Rahayu

E-mail: paramitarahayu@staff.uns.ac.id

Abstrak

Pariwisata merupakan magnet yang meningkatkan aktivitas manusia pada tapak atraksi. Pada banyak kasus, perkembangan pariwisata berdampak pada penurunan kualitas lingkungan alami. Pembangunan sarana pada atraksi wisata berarti merubah tutupan lahan dari tutupan non-terbangun menjadi terbangun yang menurunkan kemampuan tapak untuk menyerap air dan mempertahankan kualitas udara dan suhu. Oleh karena itu, upaya penghijauan diperlukan dalam pengembangan wisata yang berkelanjutan. Desa Sumberdodol merupakan salah satu desa di Kabupaten Magetan yang dikembangkan menjadi salah satu desa wisata melalui pengembangan Smart Fisheries Village. Terdapat beberapa atraksi yang ditawarkan dengan lokasi yang cukup berdekatan. Hal ini mendorong dibangunnya lokasi kantong parkir dengan luas yang cukup besar. Kondisi saat ini, kantong parkir tersebut belum memiliki penghijauan yang cukup terutama pada jalur pedestrian. Melalui kegiatan pengabdian yaitu penghijauan pada sarana pendukung atraksi wisata tersebut, diharapkan perwujudan wisata berkelanjutan di Desa Sumberdodol dapat terwujud. Pengabdian ini akan menjadi kontribusi langsung dari Universitas Sebelas Maret melalui Pusat Informasi dan Pengembangan Wilayah yang dapat dirasakan oleh masyarakat.

Kata kunci – penghijauan, sarana pendukung atraksi wisata, wisata berkelanjutan

Abstract

Tourism is a magnet that increases human activity at the site of attractions. In many cases, the development of tourism has an impact on the decline in the quality of the natural environment. The construction of facilities in tourist attractions means changing the land cover from non-built upto built-up which reduces the ability of the site to absorb water and maintain air quality and temperature. Therefore, greening efforts are needed in sustainable tourism development. Sumberdodol Village is one of the villages in Magetan Regency that has been developed into one of the tourist villages through the development of the Smart Fisheries Village. There are several attractions offered with a fairly close location. This encourages the construction of a large parking location . Currently, the area does not have enough greenery, especially on the pedestrian path. Through the community service activities, namely greening the supporting facilities of these tourist attractions, it is expected that the realization of sustainable tourism in Sumberdodol Village can be realized. This service will be a direct contribution from Sebelas Maret University through the Center for Information and Regional Development that benefits the community.

Keywords – greening, supporting facilities for tourist attractions, sustainable tourism

PENDAHULUAN

Pariwisata merupakan magnet yang meningkatkan aktivitas manusia pada tapak atraksi (Li et al., 2020). Pada banyak kasus, perkembangan pariwisata berdampak pada penurunan kualitas lingkungan alami (Yang et al., 2022; Sumanapala & Wolf, 2020). Lingkungan pedesaan merupakan bentang alam alami yang tidak hanya menyediakan keseimbangan setempat, namun juga berfungsi sebagai penyeimbang lingkungan pada skala yang lebih luas. Pembangunan sarana pada atraksi wisata berarti merubah tutupan lahan dari tutupan non-terbangun menjadi terbangun yang menurunkan kemampuan tapak untuk menyerap air dan mempertahankan kualitas udara dan suhu. Hal ini akan mempengaruhi kenyamanan pengunjung wisata (Lopes et al., 2021). Oleh karena itu, pengembangan atraksi wisata membutuhkan penghijauan untuk menjaga kualitas lingkungan dan menjadikan lingkungan lebih nyaman dan indah (Nur Utami et al., 2022).

Penghijauan merupakan salah satu bentuk intervensi untuk mengembangkan wisata berkelanjutan terutama pada wisata berbasis lingkungan alami (Zaraś-Januskiewicz et al., 2020; Fornal-Pieniak & Źarska, 2022). Di Indonesia, telah banyak praktik penghijauan pada lokasi atraksi wisata dengan tujuan meningkatkan volume wisatawan (Ratih Dwi Pangestu et al., 2023; Jupri et al., 2023; Rasyid, 2023; Wahdiniawati et al., 2022). Upaya-upaya tersebut terbukti meningkatkan kenyamanan wisatawan dan memperpanjang waktu berwisata (Lopes et al., 2021; Nicolaides, 2020). Wisata pedesaan mengangkat lansekap alami sebagai fitur yang telah mengemuka luas semenjak pandemi (Roy, 2021; (Archandani & Shome, 2021). Namun, peningkatan aktivitas manusia pada lokasi wisata tetap memiliki permasalahan laten terutama pada kualitas lingkungan (Zekan et al., 2022; McNeely, 2021). Penghijauan ini merupakan upaya untuk menekan pengaruh wisatawan terhadap lingkungan hidup.

Kegiatan pengabdian ini dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kualitas lingkungan pada sarana penunjang wisata pedesaan yang dikembangkan pada Desa Sumberdodol. Dengan penghijauan yang dilakukan, sarana wisata akan meningkatkan kenyamanan wisatawan dan pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas sektor wisata untuk pengembangan desa. Mitra pengabdian adalah Pemerintah Desa Sumberdodol, Kecamatan Panekan, Kabupaten Magetan. Kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat meningkatkan daya tarik wisata desa yang dikembangkan di Desa Sumberdodol.

Desa Sumberdodol merupakan desa di Kecamatan Panekan, Kabupaten Magetan yang berjarak 66 km dari UNS. Desa ini merupakan bagian dari klaster mata air alami yang ada di Kecamatan Panekan dan sudah dimanfaatkan oleh pemerintah desa sebagai sumber pendapatan desa. Kondisi alam yang berada di lereng Gunung Lawu memberikan hawa sejuk yang cocok untuk dikembangkan sebagai tujuan wisata. Salah satu objek wisata yang telah lama berkembang adalah Bumi Perkemahan Sumberdodol. Sejak tahun 2009, Pemerintah Kabupaten Magetan telah menggagas Desa Sumberdodol sebagai Desa Wisata yang direncanakan memiliki beragam atraksi yang terkait wisata air dan pendidikan.

Saat ini, Desa Sumberdodol memiliki tiga atraksi andalan, yaitu Kolam Mata Air, Kolam Renang, dan Wisata Pendidikan "Smart Fisheries Village". Jarak ketiga atraksi ini relatif berdekatan dengan jarak dalam jangkauan kenyamanan berjalan kaki (kurang dari 600m). Berdasarkan hal tersebut, pada tahun 2023 telah dibangun sarana penunjang wisata berupa lapangan parkir. Lapangan parkir ini terletak berdampingan dengan atraksi andalan wisata pendidikan *Smart Fisheries Village*. Atraksi ini merupakan objek wisata andalan di Desa Sumberdodol yang baru dikembangkan pada tahap pertama. Pada tahap pertama, atraksi baru mengembangkan kolam-kolam pemijahan dan lokasi aktivitas luar ruangan untuk menarik pelajar. Sarana parkir yang tersedia masih berupa tanah lapang tanpa penghijauan. Lahan parkir berukuran kurang lebih 50 m x 30 m tersebut masih berupa lapangan dengan perkerasan tanah, dikelilingi oleh jalur pejalan kaki yang dapat digunakan untuk berolahraga untuk warga sekitar. Gambar 1 menunjukkan visual lokasi pengabdian.



Gambar 1.

Tapak lahan parkir sebagai sarana penunjang wisata

METODE

Proses pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di Desa Sumber Dodol ini dapat dikategorikan dilakukan dalam tiga tahapan. Tahapan pelaksanaan, partisipasi mitra, dan evaluasi keberlanjutan program

1. Tahapan Pelaksanaan

Solusi akan diimplementasikan melalui tiga tahap, yaitu:

- 1) Identifikasi tapak lahan parkir untuk menghitung kebutuhan jumlah pohon yang dibutuhkan dan lokasi titik tanam. Tahapan ini dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur dengan pemerintah desa sebagai mitra. Tahapan ini akan rencana kerja penghijauan di sarana parkir wisata Desa Sumberdodol;
- 2) Identifikasi jenis tanaman penghijauan yang sesuai dengan karakter lahan dan kebutuhan pengembangan. Tahap ini akan dilakukan dengan wawancara dengan pemerintah desa untuk kemudian mengidentifikasi teknik penyediaan bibit pohon yang akan ditanam.
- 3) Penghijauan lingkungan bersama.

Dengan rencana kerja dan jenis tanaman yang sudah disusun, pengadaan hibah tanaman dapat dilakukan dan dilanjutkan dengan penanaman bersama pada titik tanam yang telah direncanakan.

2. Partisipasi Mitra

Pemerintah Desa Sumberdodol sebagai mitra pengabdian akan berkontribusi sebagai berikut:

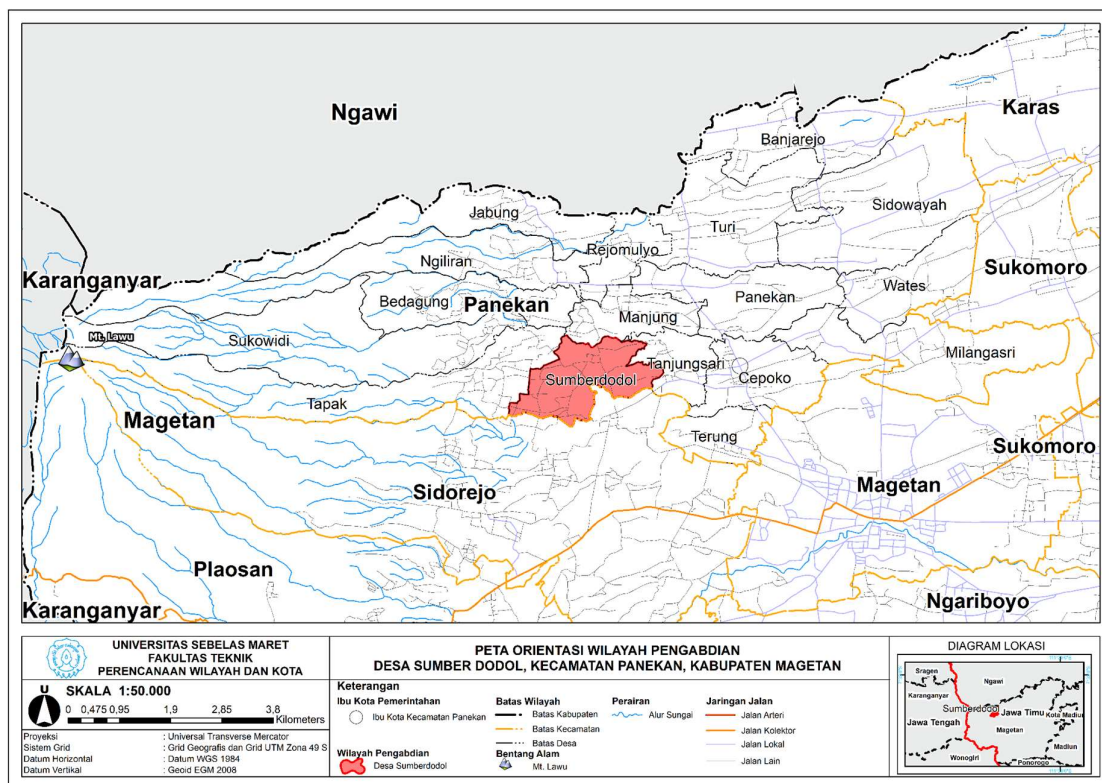
1. Persiapan: memberikan kesepakatan kerjasama proposal kegiatan pengabdian;
2. Identifikasi tapak lahan: menjadi narasumber dalam diskusi terbatas antara aparat kelurahan bersama dengan tim pengabdian;
3. Identifikasi jenis tanaman penghijauan: menjadi narasumber dan pengatur teknis penyediaan bibit tanam; dan
4. penghijauan: bersama-sama melakukan penanaman bibit dan bertanggung jawab dalam keberlanjutan penghijauan.

3. Evaluasi dan Keberlanjutan Program

Hasil kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh mitra hingga seterusnya untuk meningkatkan *attractiveness* wisata Desa Sumberdodol. Evaluasi dapat dilakukan setiap tahun dengan melihat kondisi kawasan sarana penunjang wisata yang menjadi target penghijauan. Apabila saat ini kondisi sarana tersebut masih berupa perkerasan tanpa peneduh, diharapkan di tahun-tahun berikutnya sarana parkir telah menjadi tapak yang teduh dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi wilayah pengabdian masyarakat berada di Desa Sumberdodol yang merupakan salah satu desa di Kecamatan Panekan, Kabupaten Magetan. Wilayah tersebut berada di kaki Gunung Lawu yang berada di perbatasan antara dua kabupaten dan dua provinsi, yaitu Kabupaten Magetan Provinsi Jawa Timur, dengan Kabupaten Karanganyar Provinsi Jawa Tengah (Gambar 2). Luas wilayah Desa Sumberdodol adalah 249,972 hektar, dengan dominasi lahan berupa lahan pertanian atau tanah sawah. Desa Sumberdodol memiliki jumlah penduduk sebanyak 3.571 jiwa. Asal usul nama “Sumberdodol” berasal dari salah satu tempat di wilayah desa, memiliki sumber mata air yang cukup besar dan di lokasi tersebut digunakan sebagai pusat kegiatan ekonomi masyarakat dengan jual beli macam-macam hasil bumi, sehingga disebut Desa Sumberdodol, dari bahasa jawa yang memiliki arti sumber adalah mata air, dan dodol adalah berjualan yang digabung menjadi sumberdodol yaitu tempat berjualan di dekat sumber mata air.



Gambar 2.
Peta Orientasi Wilayah Pengabdian

Lokasinya yang berada di kaki Gunung Lawu, membuat Desa Sumberdodol memiliki potensi sumber daya alam berupa mata air alami dan kondisi udara yang cukup sejuk. Terdapat beberapa titik lokasi sumber mata air yang dimanfaatkan untuk kolam renang, kolam ikan, dan wisata air lainnya. Dengan kondisi potensi alam tersebut, Pemerintah Kabupaten Magetan merencanakan Desa Sumberdodol sebagai desa wisata dengan beragam atraksi wisata, terutama dengan memanfaatkan sumber daya alam mata air yang melimpah. Pengembangan Desa Sumberdodol sebagai desa wisata telah dilakukan, seperti halnya pengembangan objek wisata maupun pembangunan sarana penunjang wisata. Pengembangan dan pembangunan yang dilakukan tentu menyebabkan berkurangnya lahan non terbangun. Hal tersebut mengancam kondisi lingkungan atau kelestarian alam seperti mata air dan

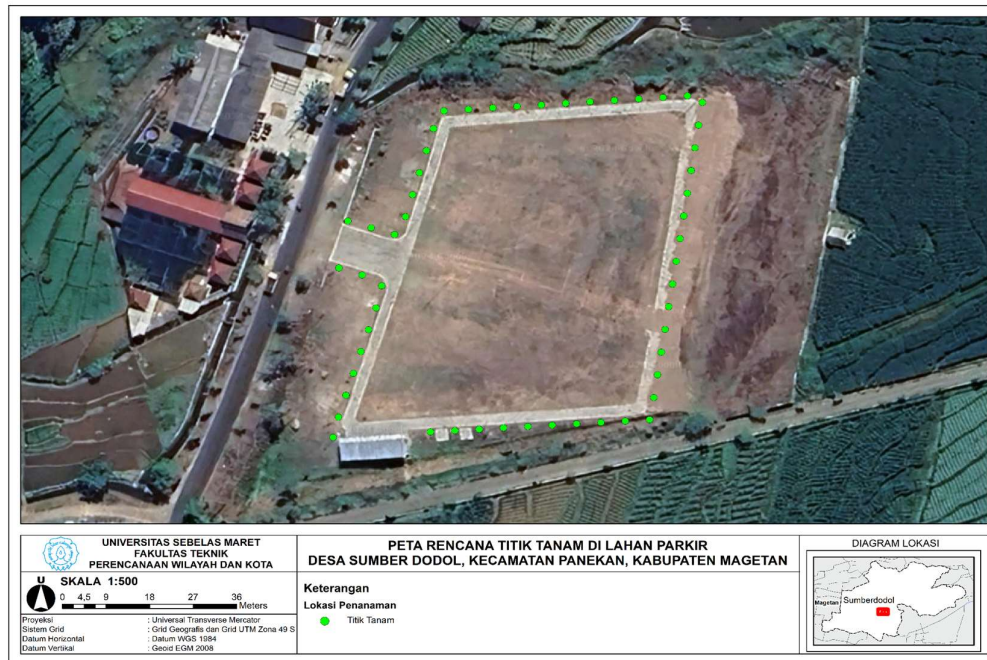
udara yang sejuk. Salah satu sarana penunjang wisata yang telah dibangun berupa lahan parkir, yang dapat mengurangi ruang terbuka hijau dan menyebabkan pengurangan kualitas udara dan mempengaruhi kualitas penyerapan air tanah yang dapat mengganggu keseimbangan sumber daya alam mata air di wilayah Desa Sumberdodol. Oleh karena itu, diperlukan perhatian khusus untuk menjaga keseimbangan lingkungan dalam upaya pengembangan wilayah Desa Sumberdodol sebagai desa wisata.

1. Rencana Penanaman

Sebuah wilayah memiliki potensi masing-masing yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat didalamnya. Ada beberapa jenis konsep yang diusung untuk mengembangkan potensi tersebut, salah satunya adalah pengembangan konsep desa wisata. Konsep tersebut dikembangkan dengan konsep dasar pariwisata yang artinya potensi yang dimiliki dapat mengundang pengunjung untuk datang ke desa terkait. Pengembangan pariwisata akan menyebabkan terjadinya perubahan guna lahan. Oleh karena itu, konsep desa wisata harus diimbangi dengan keberlanjutan lingkungan.

Desa Sumberdodol merupakan salah satu desa di Kabupaten Magetan yang terkenal akan potensinya berupa sumber mata air. Tiga atraksi yang ditawarkan di Desa ini, yaitu kolam mata air, kolam renang, dan wisata pendidikan "Smart Fisheries Village". Adanya ketiga atraksi tersebut tentu mengundang wisatawan untuk datang sehingga perlu penyediaan lahan parkir. Saat ini sudah tersedia lahan parkir dengan luas sekitar 50m x 30m yang dapat digunakan oleh pengunjung. Namun, kondisinya masih belum bisa mendukung keberlanjutan. Lahan parkir tersebut masih berupa lahan kosong yang tidak memiliki penghijauan. Oleh karena itu, pengabdian ini bertujuan untuk melakukan penghijauan lingkungan bersama untuk melakukan penanaman pohon di lapangan parkir.

Kegiatan penghijauan diawali dengan dilakukannya observasi dan wawancara langsung dengan pemerintah desa. Observasi dan wawancara dilakukan untuk mengetahui kondisi lahan parkir sehingga dapat mendiskusikan jumlah dan jenis tanaman yang sesuai untuk dilakukan penghijauan. Selain itu, dalam kegiatan penghijauan dilakukan pemetaan titik tanam pada lokasi lahan parkir agar penghijauan lahan dapat dilakukan secara optimal.



Gambar 3
Peta Rencana Titik Tanam

2. Proses kerjasama dengan dengan Mitra

Pada kegiatan selanjutnya adalah diskusi dengan pihak Pemerintah Desa Sumberdodol untuk menentukan tanaman yang sesuai untuk ditanam, yaitu tanaman ketapang laut dan ketapang kencana yang dianggap cocok ditanam di daerah tropis yang memiliki iklim hangat hingga panas. Jenis tanaman yang dipilih tersebut merupakan hasil persetujuan kedua belah pihak dan tim pengabdian yang akan langsung memesan tanaman tersebut untuk Desa Sumberdodol.



Gambar 4.

Diskusi Penentuan Jenis Tanaman

Selain kegiatan diskusi (Gambar 4), tim pengabdian juga melakukan kunjungan ke lokasi penanaman, yaitu lahan parkir. Observasi juga dilakukan untuk mengetahui luas lahan parkir, sehingga dapat ditentukan jumlah tanaman yang akan ditanam. Selain itu juga dilakukan konfirmasi terhadap peta rencana titik tanam yang memuat jarak antar tanaman yang ditentukan sepanjang 5 meter antar tanaman agar memberi ruang tumbuh bagi tanaman tersebut (Gambar 3). Pada saat observasi juga dilakukan pemberian tanda dengan menggunakan cat semprot sebagai titik tanam dengan jarak yang sesuai. Kegiatan observasi, pengukuran jarak tanam, dan pemberian tanda titik tanam penghijauan dilakukan bersama antara tim pengabdian PIPW dan tim Desa Sumber Dodol (Gambar 5-7). Hasil perhitungan dan diskusi disepakati 50 titik tanam, dan 50 bibit.



Gambar 5.

Observasi Lahan Parkir, Pengukuran Jarak Tanam, dan Pemberian Tanda Titik Tanam



Gambar 6.
Pengukuran Jarak Tanam



Gambar 7.
Pemberian Tanda Titik Tanam

3. Proses Penanaman dan Tindak Lanjut Rencana Pemeliharaan

Kegiatan penghijauan lingkungan bersama dilakukan pada tanggal 11 Oktober 2024 yang diawali dengan upacara pembukaan. Upacara tersebut dihadiri oleh Tim PIPW, masyarakat, karang taruna, dan Bapak Taufik sebagai perwakilan dari Pemerintah Desa Sumberdodol (Gambar 8-9) . Upacara ini merupakan simbolis bahwa kegiatan penghijauan telah dilakukan yang merupakan bentuk kerja sama antara TIM PIPW dan Pemerintah Desa Sumberdodol untuk mewujudkan keberlanjutan lingkungan.



Gambar 8.
Pembukaan Kegiatan Penghijauan

Setelah dilakukannya upacara pembukaan maka kegiatan dilanjutkan dengan melakukan penanaman pohon bersama. Penanaman pohon dilakukan sesuai dengan titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Seluruh peserta bergotong-royong untuk menyelesaikan kegiatan.



Gambar 9.
Proses Penanaman Pohon

Ketika proses penanaman pohon sudah diselesaikan, Tim PIPW menyerahkan kepada Pemerintah Desa Sumberdodol untuk proses pemeliharaan tanaman. Proses pemeliharaan tersebut berupa pemupukan dan penyiraman yang harus dilakukan secara rutin agar tanaman tumbuh dengan baik. Dalam beberapa waktu juga diperlukan pemangkasan untuk menjaga bentuk dan kesehatan tanaman.

KESIMPULAN

Desa Sumberdodol merupakan salah satu desa dengan arah pengembangan menjadi sebuah desa wisata. Pengembangan desa wisata akan menyebabkan terjadinya perubahan guna lahan sehingga diperlukan pengembangan dengan konsep keberlanjutan lingkungan. Tempat wisata yang ditawarkan di desa ini menyediakan lapangan parkir untuk memenuhi kebutuhan wisatawan. Namun, hingga saat ini lapangan parkir tersebut masih berupa tanah lapang yang belum ada tanaman sehingga menyebabkan udara menjadi gersang. Untuk menjaga keberlanjutan lingkungan, maka dilakukan kegiatan penghijauan lingkungan melalui penanaman pohon di lapangan parkir tersebut yang bekerja sama dengan pihak pemerintah desa dan masyarakat. Adanya kegiatan ini, harapannya dapat menciptakan tempat wisata yang memperhatikan keseimbangan lingkungan dengan suasana lingkungan yang sejuk dan udara yang segar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian ini terselenggara dengan pendanaan dari pendapatan bukan pajak Universitas Sebelas Maret tahun 2024 dengan nomor: 195.1/UN27.22/PT.01.03/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Fornal-Pieniak, B. E., & Źarska, B. (2022). Evaluation of Landscape Natural Values in Tourism, with Special Regard to Vegetation – Case Study: Otwock Commune, Central Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1), 665–680. <https://doi.org/10.15244/pjoes/140289>
- Harchandani, P., & Shome, S. (2021). Global Tourism and COVID-19: An Impact Assessment. *Tourism*, 69, 262–280. <https://doi.org/10.37741/t.69.2.7>
- Jupri, A., Nurfadiansih, Ein, H., Arrasyid, F. G., & Husain, P. (2023). Upaya Penanaman Bibit Buah dan Bibit Pohon Guna Untuk Peningkatan Destinasi Wisata serta Penghijauan Alam di Desa Tetebatu Selatan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(3 SE-Artikel), 220–224. <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v6i2.4167>
- Li, J., Bai, Y., & Alatalo, J. M. (2020). Impacts of Rural Tourism-Driven Land Use Change on Ecosystems Services Provision in Erhai Lake Basin, China. *Ecosystem Services*, 42, 101081. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101081>
- Lopes, H. S., Remoaldo, P. C., Ribeiro, V., & Martín-Vide, J. (2021). Perceptions of Human Thermal

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



- Comfort in an Urban Tourism Destination – A Case Study of Porto (Portugal). *Building and Environment*, 205, 108246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108246>
- McNeely, J. A. (2021). Nature and COVID-19: The Pandemic, the Environment, and the Way Ahead. *Ambio*, 50(4), 767–781. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01447-0>
- Nicolaides, A. (2020). Sustainable Ethical Tourism (SET) and Rural Community Involvement. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 9(1). Diakses dari: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:211116477>
- Nur Utami, R., Irwan, S., & Setyawan, Y. (2022). Assessing Visual Quality of Landscape on Roadside Greenery in Yogyakarta City, Indonesia. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 10, 256–279. https://doi.org/10.14246/irspsd.10.3_256
- Rasyid, M. (2023). Peningkatan Kualitas Lingkungan Melalui Program Penghijauan Desa: Kegiatan Desa Kraton, Bangkalan. *Journal of Economics Community Service*, 1(1 SE-), 15–22. Retrieved from <https://ejournal.ecodepartment.org/index.php/jecs/article/view/11>
- Ratih Dwi Pangestu, Zulfa Muniroh, Rozy Nur Alif R.H, Syahril Dhiyah H.S, Luluk Maghfiroh, Devina Ayu P, ... Shela Novi Ana. (2023). Upaya Mengembangkan Potensi Pariwisata dan Penghijauan Waduk di Desa Mojowono Kecamatan Kemlagi. *JPMNT : Jurnal Pengabdian Masyarakat Nian Tana*, 2(1 SE-Articles), 136–142. <https://doi.org/10.59603/jpmnt.v2i1.285>
- Roy, D. (2021). The Revival of the Tourism Industry from the Covid-19 Pandemic Disaster. *International Journal of Tourism & Hospitality Reviews*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.18510/ijthr.2021.821>
- Sumanapala, D., & Wolf, I. D. (2020). Man-Made Impacts on Emerging Geoparks in the Asian Region. *Geoheritage*, 12(3), 64. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00493-0>
- Wahdiniawati, S. A., Purnama, G., Apriani, A., & Jumanto, J. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Gerakan Penghijauan Sebagai Upaya Peningkatan Ekonomi Kerakyatan pada Sektor Pariwisata di Desa Cogreg. *Andhara*, 2(2 SE-), 73–81. Diakses dari: <https://jurnal.undira.ac.id/andhara/article/view/196>
- Yang, Q., Li, J., & Tang, Y. (2022). The Dilemma of the Great Development of Rural Tourism from the Sustainable Environment Perspective. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022, 7195813. <https://doi.org/10.1155/2022/7195813>
- Zaraś-Januszkiewicz, E., Botwina, J., Źarska, B., Swoczyna, T., & Krupa, T. (2020). Fortresses as Specific Areas of Urban Greenery Defining the Uniqueness of the Urban Cultural Landscape: Warsaw Fortress—A Case Study. *Sustainability*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12031043>
- Zekan, B., Weismayer, C., Gunter, U., Schuh, B., & Sedlacek, S. (2022). Regional sustainability and tourism carrying capacities. *Journal of Cleaner Production*, 339, 130624. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130624>