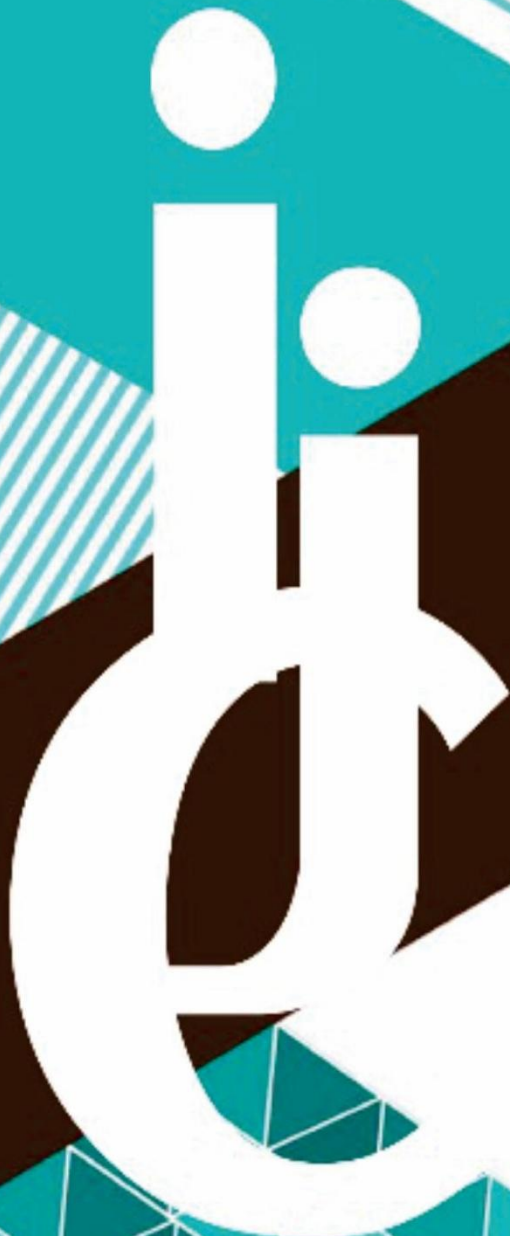


Vol. 14 No. 1
Juni 2025

p-ISSN 2252-9195
e-ISSN 2714-6189



INDONESIAN JOURNAL OF CONSERVATION

**Sub Direktorat Konservasi
DAKK - UNNES**



INDONESIAN JOURNAL
OF CONSERVATION

Vol 14. No. 1, Juni 2025

Diterbitkan Oleh:

Subdirektorat Konservasi
Direktorat Akademik, Kemahasiswaan, dan Konservasi
Universitas Negeri Semarang



INDONESIAN JOURNAL OF CONSERVATION

ISSN: 2252-9195

Terbit enam bulanan, Juni dan Desember
Indonesian Journal of Conservation merupakan jurnal yang menerbitkan artikel-artikel hasil penelitiandan kajian konseptual bertema konservasi, meliputi konservasi keanekaragaman hayati, pengelolaan limbah, *green architecture and internal transportation, clean energy, paperless policy*, konservasi nilai, etika, dan budaya, serta kader konservasi.

Penasihat:

Prof. Dr. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si.

Ketua Dewan Redaksi:

Dr. Ir. Ananto Aji, M.S.

Dewan Redaksi:

Khoirudin Fathoni, S.T., M.T.
M. Fikri Amrullah, S.Pd., M.Pd.
Tsabit Azinar Ahmad., S.Pd., M.Pd.
Teguh Prihanto, S.T., M.T

Penyunting:

M. Fikri Amrullah, S.Pd., M.Pd.

Sekretariat:

Chusna Adzanin Therawati, S.E.

Alamat Redaksi:

Subdirektorat Konservasi Direktorat Akademik, Kemahasiswaan, dan Konservasi
Universitas Negeri Semarang
Gedung Prof. Dr. Satmoko (Lembaga Pengembangan Pendidikan dan Profesi) Lantai 2
Kampus Sekaran Gunungpati Kota Semarang 50229
Website: www.unnes.ac.id/konservasi
Email: konservasi@mail.unnes.ac.id
Online Journal: <https://journal.unnes.ac.id/journals/ijc/issue/archive>

Foto sampul: M. Fikri Amrullah, 2024

DAFTAR ISI

**PENGETAHUAN PETERNAK DALAM PENGELOLAAN LIMBAH BERKELANJUTAN
PETERNAKAN SAPI KELURAHAN NONGKOSAWIT KECAMATAN GUNUNGPATI KOTA
SEMARANG**

Fani Sulistiawan, Ananto Aji, Puji Hardati, Saptono Putro 1

**PEMANFAATAN EKOENZIM DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK PADA SISTEM
IPAL DLH KOTA SEMARANG**

Agustina Dwi Rahmawati, Triastuti Sulistyaningsih 7

MANGROVES IN NIPAH PANJANG VILLAGE: SPATIAL DISTRIBUTION AND UTILIZATION

Rifa' Atunnisa, Trida Ridho Fariz, Abdul Jabbar, Pawit Indra Permana, Dwi Rahmawati,
Habil Sultan..... 17

***HARMONY OF BEHAVIOR AND ENVIRONMENT: THE ROLE OF RISKS, ATTITUDES, NORMS,
ABILITIES, SELF-REGULATION MODELS IN OPTIMIZING SUSTAINABLE WATER
MANAGEMENT***

Enda Kalyana Putri, Ana Uswatun Hasanah 25

***WILDLIFE MONITORING USING CAMERA TRAP AT GUNUNG CELERING NATURE RESERVE
JEPARA REGENCY CENTRAL JAVA***

Budi Santoso, M.Si, Muali, S.Si, Danang Setyo Aji 36

**Integrasi Pendidikan Lingkungan dalam Upaya Pelestarian Kawasan Perlindungan
Alam di Kota Salatiga**

Purnomo Adi Saputro, Elsa Nur Aida..... 45



PENGETAHUAN PETERNAK DALAM PENGELOLAAN LIMBAH BERKELANJUTAN PETERNAKAN SAPI KELURAHAN NONGKOSAWIT KECAMATAN GUNUNGPATI KOTA SEMARANG

Fani Sulistiawan¹, Ananto Aji², Puji Hardati³, Saptono Putro⁴

¹ Pendidikan Geografi, FISIP Universitas Negeri Semarang

^{2,3,4} Geografi, FISIP Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Article History

Juni

Kata Kunci

pengetahuan peternak, pengelolaan limbah, pemasaran limbah

Abstrak

Pengelolaan limbah ternak merupakan sebuah upaya dalam mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Dalam usaha peternakan diperlukan kemampuan dalam mengelola limbah agar terhindar dari kerusakan lingkungan akibat limbah ternak dan pengelolaan yang berkelanjutan akan merubah nilai limbah menjadi nilai ekonomis. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan total sampling pada 45 peternak. Hasilnya menunjukkan pengetahuan peternak tentang pengelolaan limbah peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo berada dikategori tinggi (75% dan 78%), namun penerapannya masih terbatas. Pengelolaan limbah ternak sebagian besar peternak telah melakukan pengelolaan dengan prinsip 3R. Pemasaran hasil limbah hanya dilaksanakan oleh sebagian peternak dengan dominasi penjualan pupuk ke petani lokal sekitar peternakan.

Abstract

Livestock waste management is an effort to reduce the negative impact of waste on the environment. In livestock farming, the ability to manage waste is essential to prevent environmental damage caused by livestock waste. Sustainable management can transform waste into economic value. This study employs a descriptive quantitative method with total sampling involving 45 farmers. The results show that farmers' knowledge of livestock waste management in Sidomulyo and Pangudi Mulyo is categorized as high (75% and 78%), but its implementation remains limited. Most farmers manage livestock waste based on the 3R principles. However, the marketing of waste products is only carried out by a portion of the farmers, primarily through selling fertilizer to local farmers near the livestock areas.

* E-mail

9ffanisulistiawan16@gmail.com

©2025 Published by UNNES. This is an open access

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, oleh karena itu usaha pertanian merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan masyarakat pedesaan. Sektor peternakan yang merupakan bagian dari pertanian berkembang menjadi penopang perekonomian masyarakat pedesaan. Saat ini Industri peternakan yang efisien menjadi tujuan untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi, salah satunya adalah sistem peternakan terintegrasi (Marlina dkk., 2019 :6). Usaha peternakan sapi perah merupakan salah satu sub sektor andalan peternakan dalam kegiatan agroindustri. Pengembangan usaha ternak ini sangat berdampak positif terhadap penciptaan lapangan kerja dan menjanjikan pendapatan tunai, sehingga dapat memotivasi masyarakat untuk berperan aktif dalam mengembangkan agribisnis peternakan yang lebih unggul guna meningkatkan pendapatan dan memenuhi kesejahteraan masyarakat (Rahmah Razak dkk., 2021 :12). Usaha peternakan sapi tidak hanya berdampak positif melainkan menjadi sumber pencemaran berupa limbah yang dapat mencemari lingkungan. Penyebab kerusakan lingkungan dikarenakan penduduk yang terus meningkat dan diiringi dengan meningkatnya standar kehidupan. Sehingga pertumbuhan penduduk berkaitan dengan permasalahan lingkungan (Hardati, 2015 :3) Selain faktor peternakan, penyebab kerusakan lingkungan dikarenakan penduduk yang terus meningkat dan diiringi dengan meningkatnya standar kehidupan. Sehingga pertumbuhan penduduk berkaitan dengan permasalahan lingkungan (Irlansari & Hardati, 2019 :80).

Data sensus pertanian dan peternakan yang dilakukan oleh Dinas Pertanian Kota Semarang 2023, wilayah Kecamatan Gunungpati memiliki potensi signifikan dalam peternakan sapi potong dan perah. Kecamatan ini, bersama dengan daerah lain seperti Mijen dan Tembalang, menjadi sentra utama produksi ternak sapi di Kota Semarang. Faktor penentu utama adalah ketersediaan lahan yang luas dan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas peternakan. Limbah peternakan adalah sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak. Dari sisa hasil produksi limbah padat dan limbah cair menyebabkan pencemaran. Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah ternak yang berdampak pada kesehatan manusia (Asfari & Yunita,

2023 :215). Limbah yang dihasilkan dari aktivitas ternak mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi berbagai macam produk yang bermanfaat, contoh yang sederhana adalah memanfaatkan limbah peternakan menjadi pupuk organik (padat dan cair) dan mengolahnnya menjadi biogas (Dyah dkk., 2019 :26)

Limbah peternakan menjadi salah satu tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan di Desa Nongkosawit. Limbah ternak berpotensi mencemari air tanah dan permukaan karena kandungan nitrat dan amonia yang tinggi, yang dapat memengaruhi kualitas air minum. Selain itu, pencemaran udara oleh gas metana dan *hidrogen sulfida* dari limbah ternak dapat menyebabkan gangguan pernapasan pada manusia. Dampak lainnya adalah penyebaran patogen berbahaya, seperti *E. coli* dan *Salmonella*, yang dapat mencemari hasil pertanian jika limbah digunakan sebagai pupuk tanpa pengolahan yang tepat (Rizqi Azhar Rohmadan dkk., 2021 : 129). Limbah sapi perah, baik berupa padat maupun cair, dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Namun, limbah tersebut juga memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai tambah, seperti pupuk organik dan biogas, yang dapat mendukung keberlanjutan lingkungan dan memberikan manfaat ekonomi. Sebagai contoh, program serupa di Desa Gunungsari, Kota Batu, berhasil meningkatkan kesadaran lingkungan, memberikan edukasi kepada masyarakat, serta menambah pendapatan peternak melalui pengelolaan limbah ternak berkelanjutan (Rahayu dkk., 2022:161). Partisipasi masyarakat dipengaruhi oleh faktor seperti pendidikan, usia, dan dukungan penyuluhan. Program ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekaligus memperkuat potensi peternak lokal (Putro dkk., 2020 :2)

Pengetahuan peternak menjadi faktor kunci dalam keberhasilan pengembangan pengelolaan limbah ternak. Pengetahuan mencakup pemahaman mengenai metode pengolahan limbah, alat yang digunakan, dan manfaatnya bagi lingkungan serta ekonomi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pengetahuan pengelolaan limbah secara berkelanjutan (Kusumaningrum dkk., 2020 :32)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran pengetahuan peternak tentang pengelolaan limbah secara berkelanjutan, dan menganalisis metode pengelolaan limbah

serta pemasaran hasil pengelolaan limbah, dalam mendukung keberlanjutan lingkungan yang konservatif, peningkatan ekonomi lokal khususnya peternak, dan penguatan potensi wisata dalam pengelolaan limbah di masa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif persentase dengan metode survei untuk menganalisis tingkat pengetahuan peternak dalam pengelolaan limbah ternak secara berkelanjutan di Kelurahan Nongkosawit, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Populasi penelitian terdiri dari 45 peternak sapi perah yang dijadikan sampel melalui metode total sampling. Data dikumpulkan menggunakan observasi, tes, angket berskala Likert, wawancara, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan secara deskriptif menggunakan Microsoft Excel dan SPSS versi 20, dengan validitas instrumen diuji melalui korelasi Pearson dan reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha. Hasil analisis memberikan gambaran tentang pengetahuan peternak dalam pengelolaan limbah dan menganalisis metode pengelolaan limbah serta pemasaran hasil produk pengolahan limbah ternak. Pendekatan ini bertujuan untuk mendukung upaya konservasi lingkungan sekitar peternakan dan sektor ekonomi peternak Kelurahan Nongkosawit

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengetahuan Peternak Sapi Dalam Pengelolaan Limbah Ternak Sapi

Penelitian pengukuran tingkat pengetahuan dilakukan kepada 45 responden dengan memberikan 20 butir soal pilihan ganda, masing-masing dengan empat pilihan jawaban. Setiap jawaban yang benar diberi skor 1, dan jawaban yang salah diberi skor 0. Skor yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengukur tingkat pengetahuan responden tentang pengelolaan limbah ternak sapi dari ranah pengetahuan C1 (mengetahui), ranah C2 (memahami), ranah C3 (menerapkan) hingga ranah C4 (menganalisis) peternak Kelompok Tani Ternak (KTT) Sidomulyo dan Pangudi Mulyo Kelurahan Nongkosawit. Pengetahuan peternak mengenai pengelolaan limbah ternak sapi disajikan untuk menunjukkan tingkat pemahaman mereka terhadap pengelolaan limbah ternak.

Tabel 1 Tingkat Pengetahuan Peternak Sapi Kelurahan Nongkosawit

Kelompok Tani Ternak Sidomulyo			
No.	Ranah	Nilai (%)	Kategori
1.	C1 Mengetahui	82	Sangat Tinggi
2.	C2 Memahami	80	Tinggi
3.	C3 Menerapkan	66	Tinggi
4	C4 Menganalisis	73	Tinggi
Kelompok Tani Ternak Pangudi Mulyo			
No.	Ranah	Nilai (%)	Kategori
1.	C1 Mengetahui	90	Sangat Tinggi
2.	C2 Memahami	83	Sangat Tinggi
3.	C3 Menerapkan	67	Tinggi
4	C4 Menganalisis	74	Tinggi

Sumber: Hasil Olah Data, 2025

Pengetahuan peternak tentang pengelolaan limbah ternak di Peternak Kelurahan Nongkosawit diperoleh bahwa tingkat pengetahuan peternak dari Kelompok Tani Ternak Sidomulyo dan Pangudi Mulyo menunjukkan pola yang cukup serupa, dengan beberapa perbedaan di tiap ranah kognitif. Pada ranah C1 (Mengetahui), Kelompok Pangudi Mulyo memperoleh nilai lebih tinggi (90%) dibandingkan Sidomulyo (82%), keduanya masuk dalam kategori "Sangat Tinggi", yang menunjukkan bahwa peternak di kedua kelompok memiliki pemahaman yang baik terhadap informasi dasar yang berkaitan dengan peternakan. Perbedaan juga terlihat pada ranah C2 (Memahami), di mana Pangudi Mulyo kembali unggul dengan skor 83% (Sangat Tinggi), sedangkan Sidomulyo memperoleh 80% (Tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa peternak Pangudi Mulyo lebih mampu menginterpretasikan dan menjelaskan konsep dibandingkan Sidomulyo.

Pengetahuan ranah C3 (Menerapkan), kedua kelompok memiliki skor yang lebih rendah dibandingkan ranah sebelumnya, dengan Sidomulyo memperoleh nilai 66% dan Pangudi Mulyo 67%, keduanya masih dalam kategori "Tinggi". Hal ini mengindikasikan bahwa

meskipun peternak memiliki pemahaman yang baik, mereka masih menghadapi kendala dalam menerapkan pengetahuan secara langsung di lapangan. Sementara itu, pada ranah C4 (Menganalisis), perbedaan nilai antara kedua kelompok sangat tipis, dengan Sidomulyo memperoleh 73% dan Pangudi Mulyo 74%, yang keduanya tetap dalam kategori "Tinggi". Ini menunjukkan bahwa peternak di kedua kelompok memiliki kemampuan analisis yang cukup baik dalam mengevaluasi dan memahami permasalahan di bidang peternakan.

Pengetahuan secara keseluruhan, Kelompok Pangudi Mulyo memiliki tingkat pengetahuan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan Sidomulyo di semua ranah kognitif. Namun, keduanya menunjukkan pola yang serupa, dengan penurunan nilai pada ranah C3 (Menerapkan). Oleh karena itu, peningkatan keterampilan praktik menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan, misalnya melalui pelatihan lapangan atau praktik langsung agar peternak dapat lebih efektif dalam menerapkan pengetahuan yang telah mereka pelajari.

Tingkat pengetahuan yang tinggi menunjukkan bahwa mayoritas peternak di kedua kelompok memiliki pemahaman yang baik dalam pengelolaan peternakan. Mengacu pada teori Rogers (2003) dalam *Diffusion of Innovations* (Suryafma dkk., 2023), keberhasilan penerapan inovasi bergantung pada tingkat pengetahuan dan kesiapan individu. Pengetahuan peternak Sidomulyo dan Pangudi Mulyo kemungkinan merupakan hasil dari program edukasi dan penyuluhan yang efektif. Penyuluhan yang konsisten, seperti pelatihan, diskusi kelompok, dan bimbingan teknis, berperan penting dalam meningkatkan literasi peternak terhadap metode beternak yang lebih modern dan produktif.

2. Pengelolaan Limbah Ternak Sapi Peternakan Kelurahan Nongkosawit

Penelitian ini menggunakan metode wawancara 45 responden dengan pertanyaan metode pengelolaan limbah yang dilakukan oleh peternak di Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo dengan pendekatan Prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*). Hasil wawancara kemudian

diproses melalui tabel kelas untuk menentukan bentuk pengelolaan limbah yang dilakukan oleh peternak. Hasil penelitian data pengelolaan peternak disajikan untuk menggambarkan cara konsep pengelolaan limbah di Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo.

Tabel 2 Pengelolaan Limbah Peternak Kelurahan Nongkosawit

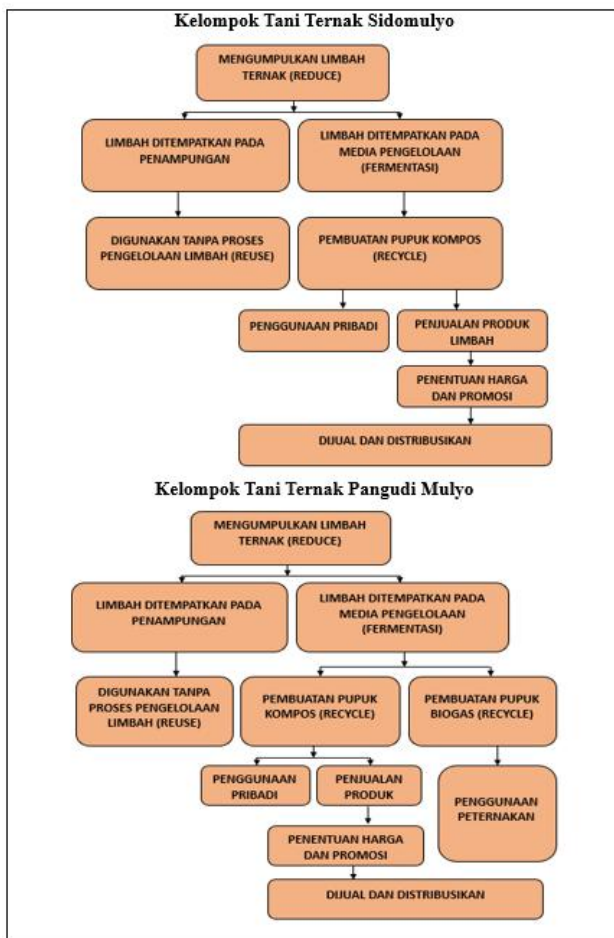
Kelompok Tani Ternak Sidomulyo			
Prinsip 3R	F (%)	Pengelolaan Limbah	
		Pupuk (%)	Biogas (%)
Reduce	14	77	0
Reuse	32		
Recycle	45		
Tidak Melakukan	9		
Kelompok Tani Ternak Pangudi Mulyo			
Prinsip 3R	F (%)	Pengelolaan Limbah	
		Pupuk (%)	Biogas (%)
Reduce	9	83	35
Reuse	30		
Recycle	52		
Tidak Melakukan	9		

Sumber: Hasil Olah Data, 2025

Pengelolaan limbah dengan pendekatan Prinsip 3R di Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo telah dilaksanakan oleh sebagian besar peternak. Peternakan Sidomulyo dalam pengelolaan limbah metode reduce (mengurangi) dilakukan oleh 14% peternak sedangkan Peternakan Pangudi Mulyo 9%. Hal ini menunjukkan bahwa peternak Sidomulyo lebih banyak yang melakukan aktivitas pengurangan limbah dengan cara mengumpulkan limbah ke wadah penampungan dibandingkan Peternakan Pangudi Mulyo. Pengelolaan limbah dengan metode reuse (menggunakan kembali) kedua peternakan memiliki indeks persentase 32% dan 30%, walaupun berbeda namun dari segi jumlah frekuensi sama yaitu 7 peternak. Hal ini dapat diketahui bahwa sebagian peternak telah melakukan metode reuse dengan menggunakan limbah ternak sebagai pupuk tanpa proses fermentasi atau pengolahan lebih lanjut. Pengelolaan limbah metode recycle (daur ulang) Peternakan Pangudi Mulyo memiliki frekuensi dan persentase lebih tinggi yaitu 52% sedangkan Peternakan Sidomulyo sebesar 45%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kedua peternak

sebagian besar telah melakukan pengelolaan limbah baik menjadi pupuk maupun biogas.

Pengelolaan Limbah Peternakan Pangudi Mulyo memanfaatkan limbah menjadi pupuk (83%) dan Sidomulyo (77%). Pemanfaatan limbah menjadi biogas hanya dilakukan di Peternakan Pangudi Mulyo (35%). Pelaksanaan pemanfaatan biogas tidak dapat dilakukan oleh Peternakan Sidomulyo dikarenakan instalansi pengelolaan biogas mengalami kerusakan. Pengelolaan limbah yang telah dilakukan oleh kedua peternak dapat di konsepskan sebagai berikut.



Gambar 1. Konsep Pengelolaan Limbah Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo

Pengelolaan limbah di KTT Sidomulyo dan Pangudi Mulyo dapat dilakukan dengan mengolah kotoran ternak menjadi pupuk organik dan biogas, yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan (Saidi dkk., 2022). Pendekatan ini sejalan dengan teori pengelolaan limbah berkelanjutan (Latif, 2022) yang menekankan keseimbangan lingkungan, ekonomi, dan sosial. Selain itu, pengelolaan limbah yang optimal dapat mendukung wisata edukasi di Nongkosawit serta konservasi lingkungan (Hardati, 2010 :70). Kendala

utama dalam pengelolaan limbah adalah keterbatasan fasilitas, biaya tinggi, dan kurangnya penyuluhan. Studi di Desa Gunungsari (Rahayu dkk., 2022) menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat dan dukungan pemerintah, seperti penyediaan alat, pelatihan, dan akses pasar, sangat penting untuk mengatasi kendala tersebut. Dengan inovasi produk berbasis limbah, pengelolaan limbah ternak di Nongkosawit dapat mendukung keberlanjutan lingkungan serta membuka peluang ekonomi dan pengembangan desa wisata berbasis edukasi yang berwawasan konservasi di masa depan.

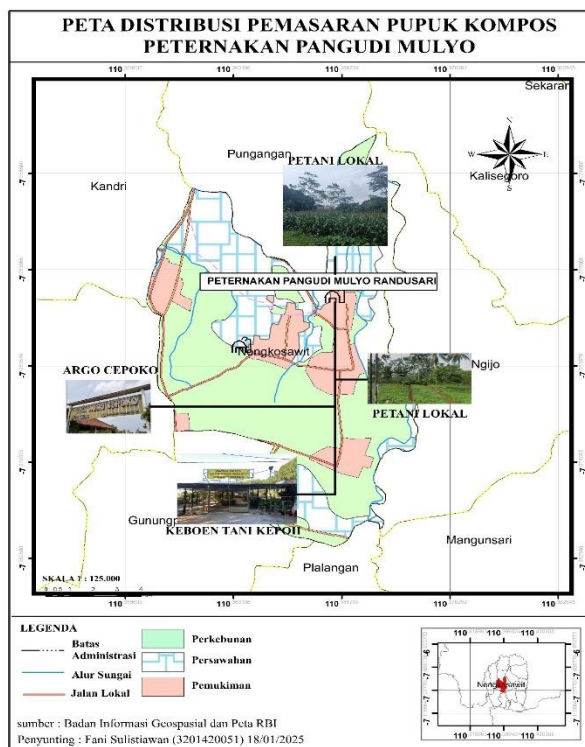
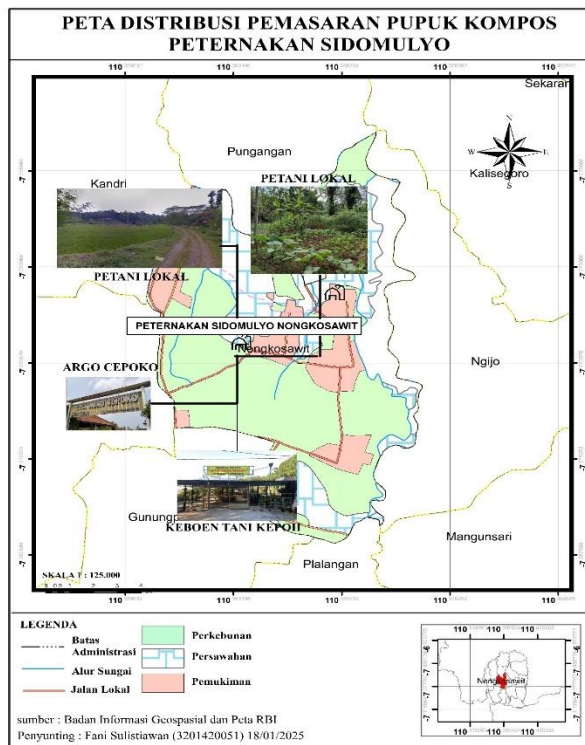
3. Pemasaran Produk Pengolahan Limbah Peternakan Kelurahan Nongkosawit

Pemasaran yang dilakukan oleh peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo hanya dilakukan oleh beberapa peternak. Sebagian besar peternak menggunakan hasil pengelolaannya untuk penggunaan pribadi peternak yaitu pada perkebunan masing-masing peternak. Berikut adalah pendataan pemanfaatan dan pemasaran produk hasil pengelolaan limbah menjadi pupuk di Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo :

Kelompok Tani Ternak Sidomulyo		
Penggunaan Pupuk	Frekuensi	Persentase (%)
Penggunaan Pribadi	11	65
Pemasaran	6	35
Kelompok Tani Ternak Pangudi Mulyo		
Penggunaan Pupuk	Frekuensi	Persentase (%)
Penggunaan Pribadi	12	63
Pemasaran	7	37

Sumber : Hasil Olah Data, 2025

Pemanfaatan pupuk di Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo didominasi oleh penggunaan pribadi. Di Sidomulyo, 65% peternak (11 orang) menggunakan pupuk sendiri, sementara 35% (6 orang) melakukan pemasaran. Di Pangudi Mulyo, 12 peternak menggunakan pupuk untuk keperluan pribadi, sedangkan 37% (7 orang) menjualnya. Rendahnya jumlah peternak yang memasarkan pupuk disebabkan oleh harga jual yang masih rendah, yaitu Rp. 3.000–5.000 untuk pupuk fermentasi dan Rp. 10.000 per karung (25 kg) atau Rp. 400–500 per kg untuk pupuk tanpa fermentasi. Pupuk dari Nongkosawit umumnya dijual ke petani lokal dan industri perkebunan.



Gambar 2. Peta Distribusi Pemasaran Pupuk Peternakan Kelurahan Nongkosawit, 2025

Pemasaran hasil pengelolaan limbah ternak di KTT Sidomulyo dan Pangudi Mulyo berperan penting dalam keberlanjutan ekonomi peternak. Produk seperti pupuk organik dan biogas memiliki potensi sebagai komoditas strategis untuk pertanian berkelanjutan dan energi alternatif. Menurut Kotler (Permatasari

dkk., 2022), pemasaran adalah proses sosial dan manajerial yang menciptakan nilai antara produsen dan konsumen. Oleh karena itu, strategi pemasaran yang efektif diperlukan agar produk olahan limbah dapat diterima pasar dan memberikan manfaat ekonomi optimal bagi peternak.

PENUTUP

Kesimpulan pada penelitian ini, berdasarkan hasil dan pembahasan sebagai berikut.

1. Tingkat pengetahuan peternak di KTT Sidomulyo dan Pangudi Mulyo tergolong tinggi, dengan rata-rata nilai masing-masing 75% dan 78%. Sidomulyo memiliki lebih banyak peternak pada kategori "Sangat Tinggi," sedangkan Pangudi Mulyo lebih dominan di kategori "Tinggi." Hal ini mencerminkan keberhasilan penyuluhan, namun distribusi pengetahuan guna mendukung peternakan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, namun masih belum merata khususnya pada ranah C3 pada Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo memiliki rata-rata persentase terendah dari aspek ranah lainnya yaitu 66% dan 67%. Disarankan perlunya peningkatan pengetahuan peternak khususnya pada ranah C3 (penerapan) dengan menggunakan metode pendekatan komunitas peternak dengan pengetahuan "sangat tinggi" dan "tinggi" sebagai motivator atau contoh terhadap peternak dengan pengetahuan kurang baik.
2. Pengelolaan limbah dengan pendekatan Prinsip 3R sebagian besar telah dilakukan oleh Peternakan Sidomulyo dan Pangudi Mulyo. Perbedaan cara pengelolaan terdapat pada sektor pengelolaan limbah menjadi biogas, dimana pada Peternakan Sidomulyo tidak melakukannya dikarenakan instalansi biogas rusak. Disarankan peternakan Sidomulyo segera memperbaiki instalasi biogas yang rusak atau menggantinya dengan instalasi baru. Upaya ini penting untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah sesuai Prinsip 3R, sekaligus memanfaatkan limbah ternak sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu, pelatihan teknis mengenai perawatan dan pengelolaan instalasi biogas perlu dilakukan agar kerusakan serupa dapat dihindari di masa mendatang.

3. Pemasaran hasil pengelolaan limbah ternak di KTT Sidomulyo dan Pangudi Mulyo hanya dilakukan sebagian kecil peternak dan hanya dijual di wilayah dekat perternakan, hal ini disebabkan karena faktor harga dan akses pasar yang belum cukup baik. Disarankan KTT Sidomulyo dan Pangudi Mulyo memperluas pemasaran melalui platform digital, meningkatkan kualitas produk, menjalin kemitraan, mengadakan pelatihan pemasaran, dan mencari dukungan pemerintah atau swasta untuk memperluas pasar dan meningkatkan keuntungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfari, L., & Yunita, A. M. (2023). Dampak Pemanfaatan Limbah kotoran Sapi terhadap Peningkatan Kesejahteraan Sosial Ekonomi. *Bandung Conference Series: Economics Studies*, 3(1), 214–220. <https://doi.org/10.29313/bcses.v3i1.7025>
- Dyah, W., Rengga, P., Wulansarie, R., Wijayatim, N., Eram, D., & Pawenang, T. (2019). Konservasi Kotoran Sapi untuk Mendukung Desa Wisata. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(1), 76–79. <https://doi.org/10.15294/abdimas.v23i1.11979>
- Hardati, P. (2010). *Pengantar Ilmu Sosial*. Widya Karya FIS.
- Hardati, P. (2015). *Pendidikan Konservasi*. Magnum Pustaka.
- Irlansari, A., & Hardati, P. (2019). Indonesian Journal of Conservation. Dalam *Indonesian Journal of Conservation* (Vol. 8, Nomor 02). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/ijc>
- Kusumaningrum, N., Aji, A., & Hardati, P. (2020). *Tingkat Pengetahuan Mahasiswa Dalam Mendukung UNNES Mewujudkan Visi Berwawasan Konservasi Serta Faktor Yang Menyebabkan Tinggi Rendahnya Pengetahuan Mahasiswa*. <http://journal.UNNES.ac.id/sju/index.php/edugeo>
- Latif, A. (2022). Potensi Pengelolaan Limbah Ternak Sapi Berbasis Circular Economy di Kabupaten Bandung Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(11), 808–817. <https://doi.org/10.54543/fusion.v2i11.223>
- Marlina, E. T., Hidayati, Y. A., & Zamzam Badruzzaman, D. (2019). Pengolahan Terpadu Limbah Ternak di Kelompok Tani Rancamulya Sumedang Integrated Processing of Livestock Waste in Rancamulya Sumedang Farmers. Dalam *Agustus* (Vol. 2019, Nomor 1). <http://jurnal.unpad.ac.id/mkkt/index>
- Putro, S., Benardi, A., Zulfa, A., & Kahfi, A. (2020, Januari 9). *Study of Utilization of Mangrove Ecotourism, as Source of Learning for Conservation Education in Tugu District, Semarang City*. <https://doi.org/10.4108/eai.18-7-2019.2290376>
- Rahayu, D. P., Likah, S., & Windari, W. (2022). Partisipasi Peternak dalam Pengelolaan Limbah Sapi Perah untuk Mendukung Program Desa Wisata Gunungsari Kota Batu. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 24(2), 160–170. <https://doi.org/10.25077/jpi.24.2.160-170.2022>
- Rahmah Razak, N., Kurnia Armayanti, A., & Burhanuddin. (2021). Analisa Usaha Dan Strategi Pengembangan Usaha Ternak Sapi Potong (Studi Kasus) Desa Patalassang Kecamatan Sinjai Timur Kabupaten Sinjai. Dalam *Jurnal Agrominansia* (Vol. 6, Nomor 1).
- Rizqi Azharhy Rohmadan, A., Inti, M., Nurhidayat, E., Nurhuda, M., Juwita Anggraini, D., Rohana Setyaningsih, I., Cahyo Setiawan, N., Wicaksana, Y., Hidayat, N., Makmum Rokim, A., Widata, S., & Maryani, Y. (2021). Kajian Pengaruh Macam Pupuk Kandang Dan Frekuensi Penyiraman Terhadap Hasil dan Kandungan Lemak Dan Vitamin E Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.). *Jurnal Pertanian Agros*, 23(1), 194–201.

- Saidi, D., Maryana, & Widiarti, I. W. (2022).
Pengelolaan Limbah Ternak Sapi.
- Suryafma, Y., Haryadi, A. D., & Afni, Z. (2023).
Penerapan Innovation Diffusion Theory
terhadap Niat Mengadopsi Fintech Peer to
Peer Lending. Dalam *Bisnis dan Ekonomi
Indonesia* (Vol. 2, Nomor 1).
<https://akuntansi.pnp.ac.id/jabei>



Pemanfaatan Ekoenzim dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik pada Sistem IPAL DLH Kota Semarang

Agustina Dwi Rahmawati¹, Triastuti Sulistyaningsih²

¹ Prodi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

² Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Article History

Juni

Abstrak

Pengolahan limbah cair yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran air dan berpotensi membahayakan ekosistem. DLH Kota Semarang memiliki sistem IPAL untuk mengolah limbah cair domestiknya yang pengolahannya menggunakan metode konvensional. Metode tersebut memiliki tantangan dan beberapa kendala, seperti biaya operasional yang tinggi dan penggunaan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan. Ekoenzim merupakan alternatif pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan. Penambahan ekoenzim dapat meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan limbah cair domestik dan membantu mengurangi ketergantungan bahan kimia pada pengolahan limbah. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis dosis ekoenzim yang tepat dalam menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan menetralkan nilai pH serta menganalisis perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan ekoenzim campuran sayur. Penelitian ini terdapat 7 perlakuan, meliputi kontrol, perlakuan 2 jenis ekoenzim berbeda yaitu ekoenzim berbahan buah dan ekoenzim berbahan sayur, dan 3 variasi penambahan dosis ekoenzim berturut-turut 10, 20, dan 30 mL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekoenzim meningkatkan nilai BOD dan TSS dibandingkan pada kontrol tanpa penambahan ekoenzim. Parameter COD dan pH, dosis ekoenzim buah 20 mL efektif menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L dan menetralkan pH menjadi 6,8. Ekoenzim campuran buah efektif untuk parameter BOD, COD, dan pH, sedangkan ekoenzim campuran sayur lebih efektif untuk parameter TSS.

Abstract

Improper treatment of liquid waste can cause water pollution and potentially harm the ecosystem. DLH Semarang City has a WWTP system to treat its domestic liquid waste, which is processed using conventional methods. This method has challenges and several obstacles, such as high operational costs and the use of chemicals that have a negative impact on the environment. Ecoenzymes are an environmentally friendly alternative to wastewater treatment. The addition of coenzymes can increase the ability of microorganisms to decompose domestic wastewater and help reduce chemical dependence in waste treatment. The purpose of this study was to analyze the right dose of ecoenzyme in reducing the content of BOD, COD, TSS, and neutralizing the pH value and analyzing the comparison of the effectiveness of ecoenzyme made from mixed fruit with mixed vegetable ecoenzyme. This study contained 7 treatments, including control, treatment of 2 different types of ecoenzyme, namely fruit-based ecoenzyme and vegetable-based ecoenzyme, and 3 variations in the addition of ecoenzyme doses of 10, 20, and 30 mL, respectively. The results showed that the addition of ecoenzyme increased the BOD and TSS values compared to the control without the addition of ecoenzyme. COD and pH parameters, the dose of fruit

Kata Kunci

limbah cair domestik, Sistem IPAL Domestik, ekoenzim

ecoenzyme 20 mL effectively reduced COD levels to 13.3 mg/L and neutralized pH to 6.8. Fruit-mixed ecoenzyme is effective for BOD, COD, and pH parameters, while vegetable-mixed ecoenzyme is more effective for TSS parameters.

** E-mail*

rahmagustina98students.unnes.ac.id

©2023 Published by UNNES. This is an open access

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

PENDAHULUAN

Permasalahan terkait limbah adalah salah satu isu penting dalam pengelolaan lingkungan, termasuk dengan pengolahan limbah cair domestik yang diatur dalam Kepmenkes No. 892 Tahun 1999 sebagai persyaratan kesehatan perumahan dan lingkungan hidup. Pengolahan limbah cair yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran air dan berpotensi membahayakan ekosistem. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berfungsi untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar baik organik maupun non-organik dalam limbah cair, sehingga membantu mengatasi masalah pencemaran yang diakibatkan oleh limbah domestik (Nilandita *et al.*, 2019).

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Semarang memiliki peran penting dalam pengolahan limbah cair domestik untuk menjaga kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Pada Tahun Anggaran 2020, DLH Kota Semarang telah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang digunakan untuk mengolah limbah dari kegiatan domestik seperti kamar mandi, musholla, dan pantry di lingkungan DLH Kota Semarang. Fasilitas ini bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran dari limbah cair domestik yang dihasilkan, dengan cara menghilangkan kontaminan dan menurunkan konsentrasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah sehingga sesuai dengan baku mutu yang ada dan aman untuk dibuang ke lingkungan.

Sistem IPAL pada DLH Kota Semarang dirancang untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar hingga sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pengolahan limbah cair domestik di sistem IPAL DLH Kota Semarang dilakukan dengan pendekatan yang komprehensif dan metode yang konvensional yang mencakup proses fisik, biologis, dan kimia. Metode konvensional dalam sistem IPAL memiliki tantangan dan terdapat beberapa kendala, seperti biaya operasional yang tinggi dan penggunaan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan. Pada IPAL Domestik di DLH Kota Semarang menggunakan Kalsium hipoklorit (Kaporit) sebagai bahan disinfektan untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang terdapat dalam limbah cair. Meski efektif mengurangi mikroorganisme patogen, penggunaan klorin dapat menghasilkan senyawa trihalomethan (THMs) yang bersifat karsinogen jika tidak dikelola dengan tepat dan dosis yang digunakan tidak sesuai (Zahara N. H, 2023).

Ekoenzim dapat menjadi salah satu alternatif bahan yang ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair domestik. Ekoenzim merupakan fermentasi dari limbah buah sayur segar dengan gula merah dan air yang hasilnya berupa larutan organik (Rohmah *et al.*, 2020). Ekoenzim adalah hasil fermentasi dari limbah organik yang memiliki berbagai manfaat, seperti menjadi agen penjernih air (Janarthanan *et al.*, 2020; Wen Low *et al.*, 2021), cairan pembersih (Patriani, 2022), antiseptik (Ginting *et al.*, 2021) karena memiliki sifat antibakteri (Ramadani *et al.*, 2022), serta dapat digunakan sebagai pupuk alami dalam pertanian (Hasanah, 2021; Novianto, 2022), dan pestisida alami Maryanti *et al.*, 2023).

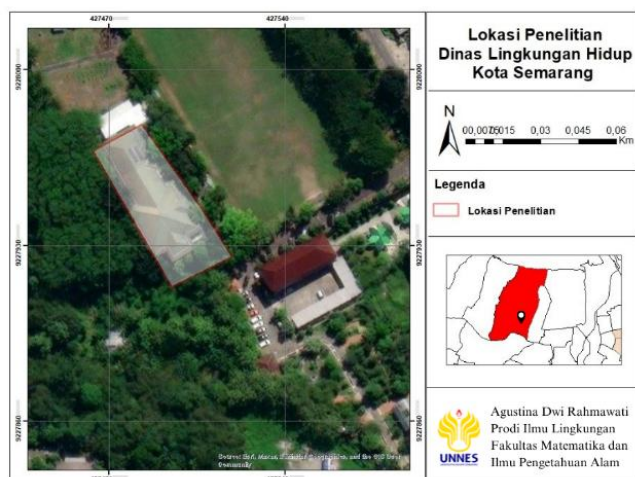
Ekoenzim memiliki kemampuan untuk secara alami menguraikan limbah organik karena mengandung berbagai jenis mikroorganisme dan enzim. Menurut (Pratamadina & Wikaningrum, 2022) ekoenzim mengandung enzim-enzim seperti lipase, amilase, dan tripsin yang bersifat biokatalisator sehingga dapat menurunkan konsentrasi zat pencemar pada air limbah. Dengan meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan limbah organik, penambahan ekoenzim dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia tambahan dalam proses pengolahan limbah. Beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan ekoenzim dalam pengelolaan air telah dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh, Galintin *et al.*, (2021), larutan ekoenzim dengan konsentrasi 10% memiliki efektivitas saat diterapkan pada limbah lumpur akuakultur, dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 89%, COD (88%), volatile suspended solid atau VSS (78%), total fosfat (97%), dan total amonia nitrogen (94%). Selanjutnya Kumar *et al.*, (2020), juga menyatakan bahwa dengan konsentrasi 10% larutan bioenzim dapat secara efektif menghilangkan amonia serta karakteristik lainnya seperti nitrogen, fosfat, TDS, BOD, dan COD dari air limbah domestik.

Penerapan ekoenzim dapat dilakukan pada unit aerasi yang merupakan komponen penting sebagai proses pengolahan biologis pada sistem IPAL Domestik, selain itu penerapan metode alternatif pada proses pengolahan ipal seperti pada unit aerasi belum banyak diteliti. Pemanfaatan ekoenzim pada unit aerasi IPAL Domestik dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap parameter kualitas air seperti penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan menetralkan pH pada air limbah domestik. Oleh karenanya penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis dosis ekoenzim yang tepat dalam menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan menetralkan pH dalam limbah cair domestik di IPAL DLH Kota Semarang. Penelitian ini juga dilakukan untuk menganalisis perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan campuran sayur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif ekoenzim sebagai pengganti bahan kimia dalam pengolahan limbah cair domestik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang di Jl. Tapak Raya, Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Objek utama penelitian yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di wilayah tersebut dengan titik penataan pada LS 06°59'03.38" dan BT 110°20'36.84". Gambar 3.1 menampilkan lokasi penelitian di Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di IPAL Domestik yang terletak di DLH Kota Semarang. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimental, data primer diperoleh melalui pengujian sampel di laboratorium. Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen (percobaan) untuk mengetahui pengaruh penambahan ekoenzim terhadap kualitas limbah cair domestik. Tahapan yang dilalui dalam penelitian ini meliputi perencanaan, pengumpulan data, analisis, hingga pelaporan.

Populasi pada penelitian ini mencakup seluruh limbah cair domestik pada sistem IPAL. Terdapat dua kelompok sampel dalam penelitian ini, yaitu kelompok kontrol (tanpa ekoenzim) dan kelompok perlakuan yang menggunakan variasi dosis dan jenis ekoenzim. Analisis dilakukan

terhadap parameter pH, BOD, COD, dan TSS. Pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat, dimana variabel bebas yaitu dosis ekoenzim dan variabel terikat mencakup parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, dan pH. Hasil yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk memberikan gambaran yang jelas dengan mendeskripsikan data serta menjawab rumusan.

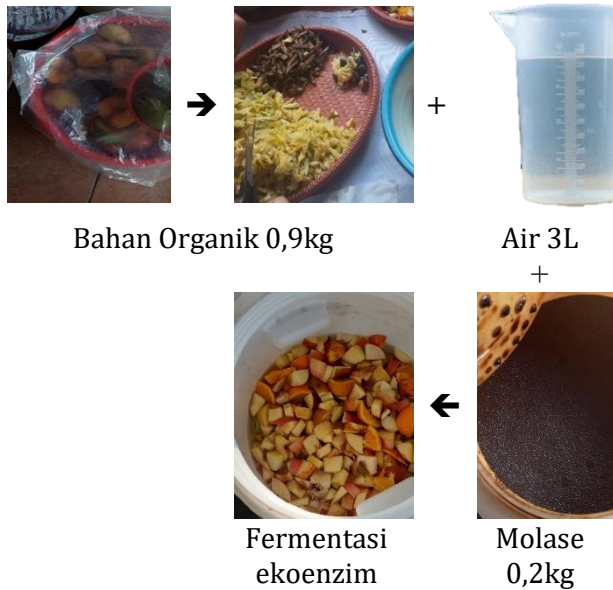
Ekoenzim dibuat dengan dua jenis bahan organik yaitu campuran buah dan campuran sayur. Bahan organik campuran buah-buahan yang digunakan seperti kulit jeruk, kulit jeruk lemon, kulit mangga, kulit jeruk nipis, kulit buah apel, dan kulit buah pepaya. Bahan organik campuran sayuran yang digunakan terdiri dari limbah sawi putih, kubis, wortel, brokoli, kembang kol, dan onclang. Proses pembuatan ekoenzim menggunakan perbandingan bahan organik : air : molase sebesar 3:10:1, kemudian difermentasi selama 3 bulan dalam wadah tertutup rapat. Pembuatan ekoenzim dilakukan bersama komunitas Ekoenzim Nusantara.

Sampel limbah cair yang digunakan diperoleh dari unit aerasi IPAL Domestik DLH Kota Semarang dengan metode pengambilan sampel sesaat (*grab sampling*). Pengambilan sampel dilakukan dengan alat-alat sederhana seperti ember plastik bertali dan gayung tangkai panjang. Sampel yang sudah diambil lalu diberi perlakuan penambahan ekoenzim dengan berbagai jenis dan variasi, dan diberi waktu kontak atau retensi waktu selama 24 jam sebelum dianalisis untuk parameter BOD, COD, dan TSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan dua jenis bahan organik sebagai bahan dasar pembuatan ekoenzim yang dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair pada sistem IPAL. Ekoenzim dilakukan uji karakterisasi untuk mengetahui karakteristik ekoenzim yang akan digunakan terutama yang berkaitan dengan variabel dalam penelitian ini. Ekoenzim yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan pH yang rendah sehingga bersifat asam. Ekoenzim berbahan limbah kulit buah memiliki pH 3,8 dan ekoenzim berbahan limbah sayuran memiliki pH 3,5. Hal tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa secara kimiawi ekoenzim memiliki pH berkisar antara 3-4 (Rochyani et al., 2020). Ekoenzim berbahan kulit buah memiliki warna cokelat pekat dengan aroma asam manis khas fermentasi, sedangkan yang berbahan sayuran memiliki warna cokelat pekat dengan aroma yang lebih tajam. karena kandungan sulfur

yang lebih tinggi, terutama dari sayuran seperti kubis dan brokoli. Pembuatan ekoenzim bahan beserta peralatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pembuatan ekoenzim

Uji karakteristik juga dilakukan terhadap sampel limbah cair tanpa perlakuan penambahan ekoenzim serta setelah perlakuan penambahan ekoenzim. Sampel limbah cair selanjutnya akan dilakukan pengujian warna, bau, pH, BOD, COD, dan TSS di Laboratorium Lingkungan UNNES dan DLH Kota Semarang. Sampel limbah cair tanpa perlakuan memiliki warna yang sedikit keruh dan berbau kurang sedap karena berasal dari kegiatan

domestik kamar mandi, pantry, dan mushola. Penambahan ekoenzim pada setiap perlakuan menyebabkan perubahan bau dan warna pada sampel air limbah, bau yang dihasilkan menjadi segar dan terdapat aroma asam manis khas ekoenzim serta warna yang dihasilkan menjadi lebih keruh kekuningan. Penambahan ekoenzim menghasilkan perubahan warna dari kondisi awal air limbah yang telah diuji, perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan warna sampel uji setiap perlakuan

Variasi perlakuan penambahan ekoenzim dalam limbah cair domestik pada sistem IPAL di DLH Kota Semarang berpengaruh terhadap karakteristik dan kualitas air limbah dilihat dari nilai parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada sampel air limbah. Berikut merupakan hasil pengujian efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan ekoenzim berbahan campuran sayur dengan berbagai dosis penambahan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

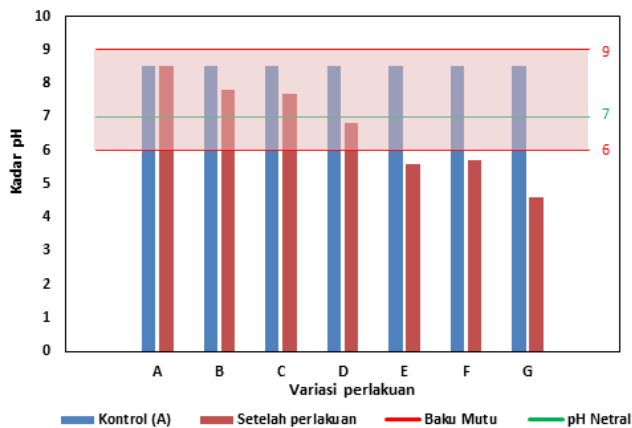
Tabel 1. Hasil Uji Parameter Pada Limbah Cair Domestik dengan Ekoenzim

Tabel 2. Hasil Uji Parameter Pada Limbah Sari Tembakau dengan Ekoenzim				
Parameter	Sampel awal	Variasi Dosis Ekoenzim		
		10 ml	20 ml	30 ml
Ekoenzim Buah				
BOD (mg/L)	13,5	18,2	15	15
COD (mg/L)	31,7	43,5	13,3	24,2
TSS (mg/L)	10	19	38	26
pH	8,5	7,8	6,8	5,7
Ekoenzim sayur				
BOD (mg/L)	13,5	18,6	16	15,9
COD (mg/L)	31,7	60,5	39,2	33,7
TSS (mg/L)	10	15	22	14
pH (mg/L)	8,5	7,7	5,6	4,6

Tabel 1 menunjukkan nilai pH, BOD, COD, dan TSS pada sampel limbah dengan penambahan berbagai perlakuan. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan variasi perlakuan penambahan ekoenzim dalam limbah cair domestik pada sistem IPAL di DLH Kota Semarang berpengaruh

terhadap karakteristik dan kualitas air limbah dilihat dari nilai parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada sampel air limbah. Berikut penyajian grafik dan analisis setiap parameter limbah cair domestik.

a. Derajat Keasaman (pH)

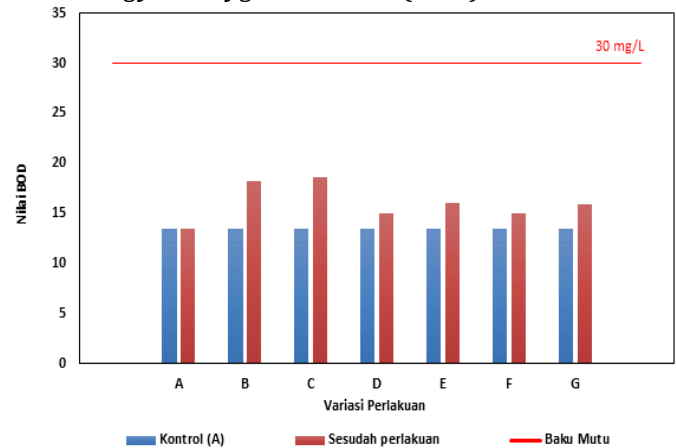


Gambar 4. Grafik Analisis pH

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 tersebut nilai pH pada sampel limbah cair awal tanpa perlakuan (kontrol) memiliki nilai 8,5 yang cenderung basa, pengukuran selanjutnya pada sampel setelah diberi penambahan ekoenzim (Perlakuan B – G) menunjukkan nilai pH yang semakin menurun. Pada perlakuan B, C, dan D nilai pH semakin menurun mendekati angka netral dan memenuhi baku mutu, sedangkan pada perlakuan E, F, dan G memiliki nilai pH yang tidak memenuhi baku mutu karena bersifat asam di bawah pH 6.

Konsentrasi penambahan ekoenzim buah 20 ml (perlakuan D) memiliki nilai pH (6,8) yang paling baik karena dapat menetralkan nilai pH limbah cair domestik. Penurunan nilai pH pada sampel limbah cair setelah diberikan perlakuan berbanding lurus dengan jumlah konsentrasi ekoenzim yang ditambahkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi ekoenzim yang ditambahkan maka semakin kecil nilai pH sampel limbah cair.

Nilai pH yang rendah pada sampel yang diberikan perlakuan penambahan ekoenzim dipengaruhi oleh sifat asam dari ekoenzim yang memiliki nilai pH 4. Hal tersebut dikarenakan ekoenzim mengandung asam organik yang terbentuk dari proses fermentasi, pada ekoenzim berbahan kulit buah mengandung asam asetat yang berasal dari metabolisme bakteri limbah kulit buah secara anaerobik (Etienne et al., 2013). Fermentasi dari ekoenzim berbahan limbah sayuran juga bersifat asam, karena sayuran yang digunakan mengandung berbagai jenis asam seperti asam oksalat, asam asetat, asam folat dan asam laktat. Zat antinutrisi di dalam kubis yang cukup tinggi adalah oksalat (Firdaus, 2019). Brokoli (*Brassica oleracea*) dan kubis (*Brassica oleraceae*) merupakan sumber asam folat yang tinggi (Sari, 2016). Limbah kubis mengandung bakteri asam laktat (*Lactobacillus*) sehingga proses fermentasi kubis berpotensi menghasilkan asam laktat (Aliya et al., 2015).

b. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

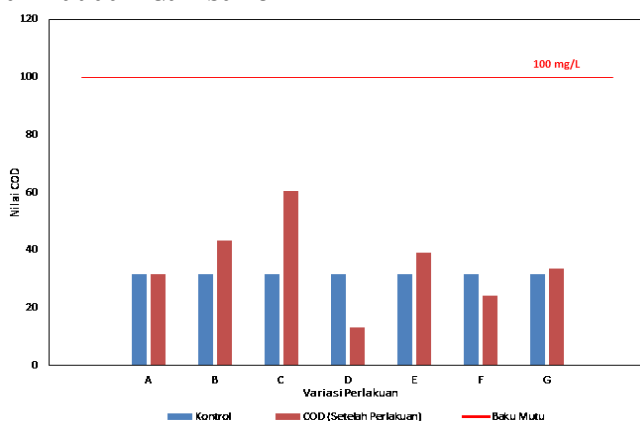
Gambar 5. Grafik Analisis BOD

Berdasarkan hasil uji kadar BOD limbah cair terhadap setiap perlakuan (Gambar 5) menunjukkan bahwa penambahan ekoenzim memberikan dampak yang bervariasi terhadap nilai BOD. Penambahan ekoenzim dengan konsentrasi berbeda menghasilkan variasi nilai BOD, di mana penambahan ekoenzim buah sebanyak 10 ml (Perlakuan B) dan ekoenzim sayur sebanyak 10 ml (Perlakuan C) menghasilkan peningkatan nilai BOD masing-masing sebesar 18,2 mg/L dan 18,6 mg/L. Konsentrasi ekoenzim yang lebih tinggi seperti 20 ml (Perlakuan D dan E) serta 30 ml (Perlakuan F dan G), menghasilkan nilai BOD yang lebih rendah, berkisar antara 15 mg/L hingga 16 mg/L. Penurunan nilai BOD pada perlakuan dengan penambahan ekoenzim menunjukkan bahwa dosis ekoenzim berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD pada limbah cair.

Peningkatan nilai BOD setelah pemberian ekoenzim dibandingkan dengan kontrol dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah meningkatnya jumlah bahan organik dari ekoenzim yang harus diuraikan, meningkatnya aktivitas mikroorganisme, waktu reaksi, serta jenis gula yang digunakan pada ekoenzim. Menurut Rasit et al. (2019), penambahan ekoenzim dapat meningkatkan nilai BOD pada tahap awal pengolahan karena terdapat tambahan senyawa organik yang harus diuraikan oleh mikroorganisme, ekoenzim mengandung banyak bahan organik dari limbah buah dan molase sebagai substrat saat proses fermentasi. Penelitian ini menggunakan ekoenzim yang menggunakan substrat gula molase, sehingga hal tersebut juga berpengaruh pada peningkatan nilai BOD. Gula molase merupakan zat sisa dari produksi gula dan masih mengandung banyak zat organik serta mikroorganisme aktif sehingga akan meningkatkan nilai BOD (Siregar et al., 2024).

c. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Metode pengujian parameter Chemical Oxygen Demand (COD) menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri sesuai dengan SNI 6989.2:2019. Pengujian parameter COD menggunakan prinsip bahwa senyawa organik dan organik, terutama anorganik dalam sampel uji dioksidasi dalam refluks tertutup oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ selama 2 jam hingga menghasilkan Cr^{3+} . Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi akan dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksigen yang diperlukan dinyatakan dengan ekuivalen oksigen (O_2 mg/L). Hasil analisis *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada setiap perlakuan dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Analisa COD

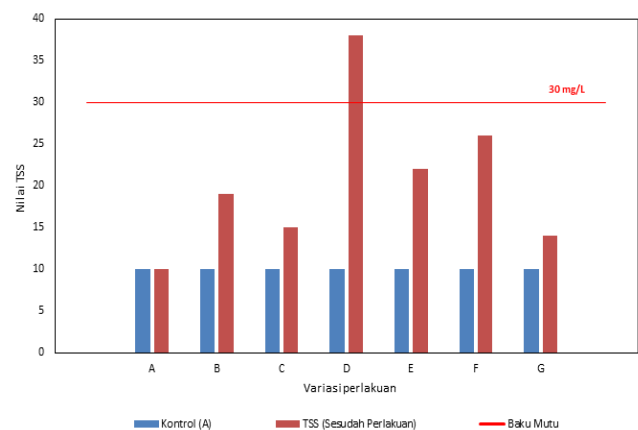
Pada perlakuan A atau kontrol yaitu air limbah domestik tanpa penambahan ekoenzim, hasil pengujian menunjukkan kadar COD yang rendah dan sesuai di bawah baku mutu dengan nilai 31,7 mg/L. Kadar COD yang rendah pada sampel kontrol terjadi karena titik pengambilan sampel air limbah berada pada unit aerasi IPAL. Pada sistem IPAL DLH Kota Semarang, unit aerasi yang dilengkapi dengan aerator juga sangat berpengaruh pada penurunan kadar parameter COD. Hal ini sesuai dengan penelitian Saleh & Purnomo, (2014) yang menyebutkan jika kolam aerasi yang dilengkapi dengan aerator mempunyai fungsi mensuplai oksigen untuk memenuhi kebutuhan oksigen sehingga dapat menurunkan kadar BOD/COD.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi ekoenzim berbahan buah lebih efektif daripada ekoenzim berbahan sayuran dalam perubahan nilai COD. Pada variasi penambahan ekoenzim berbahan buah, penambahan dosis ekoenzim 10 mL justru meningkatkan kadar COD menjadi 43,5 mg/L. Penambahan dosis ekoenzim buah 20 mL dapat menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L sebagai penurunan tertinggi dalam perlakuan uji, dosis 30 mL juga dapat menurunkan kadar COD menjadi 24,2 mg/L. Pada

hasil uji dengan variasi penambahan ekoenzim buah ini menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup signifikan pada kadar COD, dapat dilihat bahwa konsentrasi yang paling memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai COD adalah pada pemberian dosis ekoenzim buah 20 mL. Hal ini sejalan dengan penelitian Ardiansyah & Mirwan, (2024) yang menyimpulkan bahwa konsentrasi ekoenzim 10% lebih memengaruhi perubahan nilai COD pada limbah cair tahu daripada konsentrasi 5 dan 15%. Pada penelitian ini penambahan dosis 10 mL terlalu rendah sehingga tidak memberikan efek yang signifikan, sedangkan pada dosis 20 mL terjadi penurunan terbaik karena konsentrasi enzim dalam sistem mencapai titik optimal karena ekoenzim buah dengan dosis yang pas (20 mL) mampu menguraikan bahan organik terlarut yang ada dalam limbah cair sehingga jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi akan berkurang, hingga nilai COD dapat menurun.

d. *Total Suspended Solids (TSS)*

Pengujian TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravitasi untuk menentukan residu tersuspensi dalam kertas saring. Metode pengukuran yang digunakan untuk uji TSS dilakukan secara gravimetri sesuai dengan SNI 6989.3:2019. Hasil analisis Total Suspended Solid (TSS) pada setiap perlakuan dapat dilihat dari Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Analisis TSS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kontrol (tanpa penambahan ekoenzim), nilai TSS berada pada 10 mg/L. Setelah penambahan ekoenzim, nilai TSS bervariasi berdasarkan jenis dan dosis ekoenzim yang digunakan. Pengujian parameter TSS pada semua perlakuan kecuali perlakuan D menunjukkan nilai yang berada di bawah baku mutu sedangkan perlakuan D berada di atas baku mutu dengan angka 38 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa variasi penambahan dosis

ekoenzim berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh.

Kadar TSS dengan nilai paling rendah berada pada perlakuan A (Kontrol), hal ini terjadi karena air limbah diambil dari unit aerasi IPAL yang sebelumnya telah melewati unit grit chamber, dimana unit ini menyaring partikel-partikel dalam air limbah sehingga sangat memengaruhi penurunan nilai TSS pada air limbah. Penambahan ekoenzim menyebabkan peningkatan nilai TSS karena pada proses penerapan ekoenzim dilakukan tanpa proses penyaringan terlebih dahulu. ekoenzim yang tidak disaring mengandung endapan berupa partikel padat seperti residu bahan organik dan sisa fermentasi yang dapat meningkatkan jumlah padatan tersuspensi dalam air limbah.

Peningkatan nilai TSS setelah perlakuan pemberian ekoenzim dibanding dengan kontrol dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu jenis bahan organik ekoenzim yang digunakan; proses sedimentasi yang tidak seimbang; dan waktu retensi yang singkat. Ekoenzim berbahan buah berpotensi menghasilkan nilai TSS yang lebih tinggi dibandingkan ekoenzim berbahan sayuran, hal ini berkaitan dengan perbedaan komposisi organik antara buah dan sayuran, yang dapat memengaruhi jumlah padatan tersuspensi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Rasit *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa ekoenzim berbahan buah cenderung menghasilkan lebih banyak residu organik dan padatan tersuspensi dibandingkan ekoenzim berbahan sayuran karena kandungan gula dan asam organik yang lebih tinggi. Perbedaan bahan baku ekoenzim memengaruhi jumlah residu padatan yang tersisa setelah proses fermentasi, di mana bahan sayuran menghasilkan residu yang lebih mudah terdegradasi (Rochyani *et al.*, 2020).

Penambahan ekoenzim dapat berpengaruh terhadap proses sedimentasi, hal ini dikarenakan ekoenzim mengandung sisa-sisa fermentasi yang berukuran kecil dan tidak mudah mengendap sehingga dapat meningkatkan total padatan tersuspensi (TSS) dan proses sedimentasi menjadi kurang efektif. Pada kontrol (tanpa penambahan ekoenzim), unit grit chamber berfungsi optimal dalam mengurangi TSS, partikel berat sudah dapat tersaring di unit ini, menghasilkan limbah dengan TSS rendah sebelum proses aerasi. Penelitian lain seperti evaluasi kinerja IPAL di Kota Surakarta menunjukkan bahwa grit chamber mampu mengurangi TSS sebesar 25% (Araujo, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa jenis dan dosis

ekoenzim memengaruhi efektivitas pengolahan TSS pada limbah domestik.

PENUTUP

Pengolahan limbah cair domestik pada sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang dengan penambahan ekoenzim menunjukkan pengaruh terhadap kualitas air limbah. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium bahwa pada parameter BOD dan TSS pada limbah cair mengalami peningkatan nilai setelah diberikan perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Hal ini terjadi karena penambahan ekoenzim menimbulkan senyawa organik dan residu ekoenzim tambahan kedalam limbah cair, yang menyebabkan peningkatan nilai BOD dan TSS. Pada parameter COD dan pH, penambahan ekoenzim berbahan buah dengan dosis 20 ml efektif untuk menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L dan menetralkan pH yaitu dengan nilai 6,8. Hasil dari sebagian besar variasi perlakuan telah memenuhi baku mutu, kecuali pada TSS dengan variasi ekoenzim buah 20 mL yang melebihi batas baku mutu dan pada ekoenzim buah 20 mL serta sayur 20 mL dan 30 mL yang menyebabkan pH bersifat asam di bawah baku mutu ($\text{pH} < 6$). Perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan buah dan ekoenzim berbahan sayur menunjukkan bahwa ekoenzim buah lebih unggul dalam menetralkan pH dan menurunkan kandungan BOD dan COD, sedangkan ekoenzim sayur lebih efektif terhadap parameter TSS. Implementasi ekoenzim dalam pengolahan limbah cair domestik memerlukan optimasi komposisi bahan baku, dosis, serta pengaturan waktu kontak yang tepat untuk meningkatkan efektivitas pengolahan secara keseluruhan dengan hasil yang konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliya, H., Maskalah, N., Numrapi, T., Buana, A. P., & Hasri, Y. N. (2015). Pemanfaatan Asam Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis Sebagai Pengawet Anggur Dan Stroberi The Utilization of Fermented Lactid Acid of Cabbage Waste as Grape and Strawberry Preservation. *Bioedukasi*, 9(1), 23–28.
- Araujo, J. P. D. E. (2020). *Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Di PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Jawa Timur, Indonesia* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Ardiansyah, Y. F., & Mirwan, M. (2024). Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk

- Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 9023-9029.
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbéguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64(6), 1451–1469.
- Firdaus, R. Z. (2019). *Pengaruh Penambahan Garam NaCl dan Campuran Mikroorganisme Acetobacter aceti dan Saccharomyces cerevisiae terhadap Perubahan Kadar Oksalat dan Asam Total pada Fermentasi Kubis (Brassica oleraceae)* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Galintin, O., Rasit, N., & Hamzah, S. (2021). Production and characterization of eco enzyme produced from fruit and vegetable wastes and its influence on the aquaculture sludge. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10205–10214.
- Ginting, N., Hasnudi, H., & Yunilas, Y. (2021). Eco-enzyme Disinfection in Pig Housing as an Effort to Suppress Esherechia coli Population. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 16(3), 283–287.
- Hasanah, Y. (2021). Eco enzyme and its benefits for organic rice production and disinfectant. *Journal of Saintech Transfer*, 3(2), 119–128.
- Janarthanan, M., Mani, K., & Raja, S. R. S. (2020). Purification of Contaminated Water Using Eco Enzyme. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 955(1).
- Kumar, A., Sadhya, H. K., Ahmad, E., & Dulawat, S. (2020). *Application of Bio-Enzyme in Wastewater (Greywater) Treatment*. May.
- Novianto, N. (2022). Response Of Liquid Organic Fertilizer Eco Enzyme (EE) On Growth And Production Of Shallot (Allium Ascalonicum. L.). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 4(1), 147–154.
- Patriani, P. patriani. (2022). Eco-Enzyme Applications for Biosecurity and Sanitation on Goat Farm in Namorambe District, Deli Serdang Regency. *Journal of Saintech Transfer*, 5(1), 34–39.
- Pratamadina, E., & Wikaningrum, T. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik. *Serambi Engineering*, VII(1).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan kehutanan RI Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*
- Ramadani, A. H., Karima, R., & Ningrum, R. S. (2022). Antibacterial Activity of Pineapple Peel (Ananas comosus) Eco-enzyme Against Acne Bacteria (Staphylococcus aureus and Prapionibacterium acnes). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(3), 201–207.
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Ab Karim Ghani, W. A. W. (2019). Production and characterization of eco enzyme produced from tomato and orange wastes and its influence on the aquaculture sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3).
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis hasil konversi eco enzyme menggunakan nenas (Ananas comosus) dan pepaya (Carica papaya L.). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135-140.
- Rohmah, N. U., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Organoleptic Test of the Ecoenzyme Pineapple Honey With Variations in Water Content. *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS*, 4, 408–414.
- Sari, I. P. (2016). *Perolehan Asam Folat dari Konsentrat Sayuran Fermentasi Dengan Kultur Kombucha* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Saleh, C., & Purnomo, H. (2014). Analisis Efektifitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi Di TPA Supit Urang Kota Malang. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(1), 103-109.
- Siregar, A. F., Rasyidah, R., & Nasution, R. A. (2024). Pengujian Kadar BOD, COD dan Isolasi Bakteri Hasil Remediasi Air Limbah Lindi dengan Menggunakan Ekoenzim Kulit Buah Pepaya (Carica papaya L.). *Jurnal Biogenerasi*, 9(1), 1014-1021.
- Wen Low, C., Leong Zhi Ling, R., & Teo, S.-S. (2021). Effective Microorganisms in Producing Eco-Enzyme from Food Waste for Wastewater Treatment. *Applied Microbiology: Theory & Technology*, 2(1), 28–36.



MANGROVES IN NIPAH PANJANG VILLAGE: SPATIAL DISTRIBUTION AND UTILIZATION

Rifa' Atunnisa^{1*}, Trida Ridho Fariz¹, Abdul Jabbar¹, Pawit Indra Permana², Dwi Rahmawati¹, Habil Sultan¹

¹ Environmental Science, Universitas Negeri Semarang

² Ministry of Agrarian Affairs and Spatial Planning

Info Artikel

Article History

Juni

Abstrak

Desa Nipah Panjang di Kabupaten Kubu Raya, Indonesia memiliki keanekaragaman jenis vegetasi hutan mangrove yang tinggi. Disisi lain hutan mangrove di Desa Nipah Panjang memiliki potensi ancaman deforestasi sehingga perlu disusun sebuah strategi pengelolaan. Sebuah arahan pengelolaan mangrove dapat disusun dengan data biofisik mangrove dan kondisi sosial masyarakat disekitarnya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji distribusi luasan hutan mangrove dan pemanfaatannya oleh masyarakat di Desa Nipah Panjang. Metode yang digunakan antara lain adalah analisis GIS untuk mengetahui distribusi luasan hutan mangrove. Untuk mengetahui pemanfaatan hutan mangrove dilakukan observasi dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam rentang tahun 2013 – 2018 terjadi deforestasi sekitar 3.12 Ha. Deforestasi yang terjadi jauh lebih rendah dibandingkan tahun sebelumnya, ini dikarenakan diberlakukannya kebijakan devolusi melalui pemberian izin hutan desa di Desa Nipah Panjang. Saat ini bentuk pemanfaatan hutan mangrove di Desa Nipah Panjang antara lain adalah budidaya madu kelulut, budidaya madu hutan dan budidaya kepiting dengan konsep silvofishery serta pengembangan ekowisata. Bentuk pemanfaatan ini perlu dimaksimalkan agar kesejahteraan masyarakat meningkat yang akhirnya mejadikan hutan mangrove tetap terjaga.

Kata Kunci

Pengelolaan mangrove, pemetaan mangrove, pemanfaatan mangrove, mangrove management, mangrove mapping, mangrove forest utilization

Abstrak

Nipah Panjang Village in Kubu Raya Regency, Indonesia, has diverse mangrove forest vegetation. Meanwhile, the mangrove forest in Nipah Panjang Village has the potential threat of deforestation, so it is necessary to develop a management strategy. A mangrove management directive can be compiled with mangrove biophysical data and the social conditions of the surrounding community. Therefore, this study aims to examine the distribution of mangrove forest areas and their utilization by the community in Nipah Panjang Village. The method used in this study was GIS analysis to determine the distribution of mangrove forest areas. In this study, observations and interviews were carried out to determine the use of mangrove forests. The study results show that from 2013 through 2018, there was around 3.12 Ha of deforestation. Deforestation that occurred was much lower than the previous year. It was due to the implementation of a devolution policy that granted village forest

permits in Nipah Panjang Village. Currently, the forms of utilization of mangrove forests in Nipah Panjang Village are the farming (apiculture) of kelulut honey, forest honey farming, and crab farming with the concept of silvofishery and the development of ecotourism. This form of utilization needs to be maximized so that the community's welfare increases, ultimately maintaining the mangrove forest.

* E-mail

rifaatunnisa@mail.unnes.ac.id

©2023 Published by UNNES. This is an open access

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

INTRODUCTION

Indonesia is a country with a large coastal area and a long coastline. Despite frequent deforestation, Indonesia has the largest mangrove ecosystem globally (Bunting et al., 2018; Rahadian et al., 2019). Mangrove forests have ecological functions such as providing nutrients and resisting abrasion (Adam et al., 2018; Alongi, 2018). Mangrove forests also have economic functions, such as providing wood and medicine (Fariz et al., 2024; Saprudin & Halidah, 2012; Pardede, 2013). However, in forest management, there is a threat in the form of deforestation caused by overexploitation and land use changes (Saleh et al., 2011). It makes the conservation of the mangrove forest very important.

Mangrove area located in Batu Ampar District, Kubu Raya Regency, West Kalimantan Province, is one of the largest mangroves in Indonesia. The mangrove area in this area reaches 61% of the total area of Batu Ampar District (Ritabulan et al., 2016). Even though it has a large area, the mangrove forest ecosystem in Batu Ampar District has several threats. One of these threats is deforestation caused by illegal logging and land fire (Fariz et al., 2024; Ritabulan et al., 2016; Nurdwiansyah et al., 2021). Clear policy interventions most effectively overcome this problem at multiple tiers of government (Friess et al., 2016). In addition, mangrove management policies will be more targeted if prepared based on representative data. These data include mangrove biophysics and the social conditions of the surrounding community (Ritohardoyo & Ardi, 2011).

Based on that problem, this paper aims to examine the spatial distribution of mangrove forests and their utilization by the community in Nipah Panjang Village. Nipah Panjang Village was chosen as the study location because it is an area in Batu Ampar District with a high density

of mangrove forest. In addition, the condition of the community in Nipah Panjang Village also has a very good public perception of mangrove management (Jabbar et al., 2021).

RESEARCH METHOD

The study location in this research is Nipah Panjang Village, Kubu Raya Regency, Indonesia (Figure 1). The stages of this research consist of an analysis to determine changes in land cover of mangrove forests and the use of mangrove forests by the community.



Figure 1. Study Location

Information on the spatial distribution of mangrove forests is obtained by remote sensing analysis, namely image interpretation. The satellite images used are WorldView-2 in 2013 and 2018, accessed from the World Imagery Wayback on ArcMap. The analysis of interpretation of the selected image is a visual interpretation that uses interpretation keys such as size, shape, shadow, tone, color, texture, pattern, and associated relationship. Visual interpretation is used in this study because it

has better accuracy than digital interpretation (Fariz et al., 2020; Eddy et al., 2021).

Information on the community's use of mangrove forests was obtained through observation and interviews. The interview technique used was in-depth interviews. In in-depth interviews, informants are selected based on the information they want to obtain (Sudrajat et al., 2023). This interview technique is very flexible and suitable for investigating complex issues in conservation science studies (Young et al., 2018).

RESULTS AND DISCUSSION

Spatial Distribution of Mangrove Forests in Nipah Panjang Village

There are challenges in mapping mangrove forests using remote sensing, distinguishing mangrove objects from non-mangrove vegetation. Visual interpretation is an effective approach to dealing with these challenges (Xia et al., 2018). Visual interpretation can distinguish objects in the image based on human judgment to better interpret complex objects. However, visual interpretation is less efficient in processing time (Lang et al., 2009). Visual interpretation applications with VHR imagery are very suitable for mangrove mapping. That is because the location of mangroves is generally linear with the coastline, so if recorded on medium-resolution satellite imagery (Landsat), it will become a mixed pixel (Fariz et al., 2021).

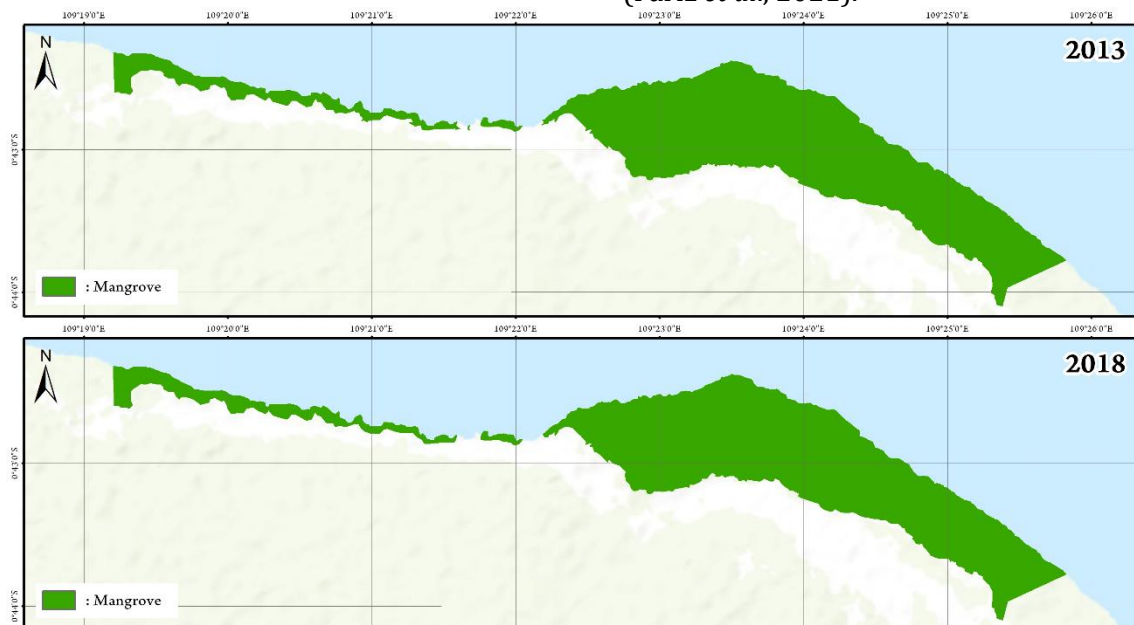


Figure 2. Map of Mangrove Forest in Nipah Panjang Village.

In mapping changes in the mangrove, distinguishing between mangrove and non-mangrove objects is still quite difficult. In our opinion, the interpretation process is straightforward because we already understand the conditions in the field. Our mapping results show that the spatial distribution of mangrove forests in Nipah Panjang Village is dominated by areas directly adjacent to the waters. In the southern part of the village of Nipah Panjang is a peat forest that is almost similar to a mangrove forest at first glance. The mapping results also show that the area of mangrove forest in Nipah Panjang Village in 2013 was 710.78 Ha, while in 2018, it was 707.66 Ha.

From 2013 through 2018, there was a reduction in the area of mangrove forests or deforestation of around 3.12 Ha. Deforestation that occurred

in general was much lower than the previous year; this was due to the implementation of a devolution policy through the granting of village forest permits through the concept of social forestry in Nipah Panjang Village (Nurdwiansyah et al., 2021). Before implementing this policy, mangroves in Nipah Panjang Village were reduced due to illegal logging for charcoal production. Despite taking mangroves located in Nipah Panjang Village, the reality is that the people of Nipah Panjang Village do not experience economic benefits from mangrove deforestation because the people of Nipah Panjang Village do not carry out charcoal production. Through this policy, the people of Nipah Panjang Village have the authority to manage their forest, including patrols to prevent illegal logging. This concept has been proven to reduce deforestation rates

in an area, although not significantly (Nurdwiansyah *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2016).

Utilization of Mangrove Forests In Nipah Panjang Village

Mangrove forests and peat soils dominate Nipah Panjang Village, which makes the potential unique. Various potentials exist in agriculture, plantations, fisheries, and forest products. On land other than mangrove forest, it is used by the community as wallet bird nests and coconut plantations. The result of coconut plantations is *copra*, a coconut fruit dried to process oil and its derivatives. Meanwhile, the community uses the mangrove forest land for the farming (apiculture) of kelulut honey, forest honey, and crab farming.

1. Farming of Kelulut Honey

Kelulut honey is a honey produced by a stingless bee (*Trigona* sp). The name kelulut is the local name for mentioning the stingless bee. Kelulut farming is done using a box called *stup*, which functions as a nest for stingless bees. The shape

and size of the box determine the amount of honey obtained; if the size of the box is too small, then the honey produced is small. If the box size is too large, it will produce less honey because a too-large box will be easy for ants to enter (Lukman *et al.*, 2020).

The location of the box placement is in the yard or on the home page. Later, they will look for flower powder nectar on trees around the houseyard, including flower powder nectar for mangrove trees. Occasionally, kelulut nests are monitored and checked for breeding until honey is produced. After the honey is collected, the following process is harvested. The process of harvesting honey is carried out traditionally using a suction device, such as an injection, which takes a long time. Like honey from bees, honey from kelulut also has many health benefits. Kelulut honey can be used in medicine because it contains phenolic substances that increase antioxidant content and reduce oxidative stress-related diseases (Duarte *et al.*, 2012; Yaacob *et al.*, 2018).



Figure 3. Farming of Kelulut Honey (Apiculture).

2. Mangrove forest honey farming

In Nipah Pajang Village, there is a mangrove forest honey farming group that was initiated independently by the community. This group was named Family Bersatu, which later changed its name to Padang Tikar Coastal Independent Enterprises in 2013. Initially, there were only 15 members of this group, but it grew to 35 yearly.



Figure 4. Mangrove Forest Honey.

This farming process is different from the farming of kelulut honey, which is done at home. Farming forest honey is by utilizing beehives scattered in the mangrove forest. The mangrove area can be estimated to have a potential of 6000 ha. Still, the land area actively sought and has honey to be harvested is approximately 100 Ha.

The harvesting of forest honey is carried out conservatively by harvesting it three times in each harvest season. The repeated harvesting process without leaving the slightest beehive will create a nesting colony. It will also indirectly damage the bee population. Apart from the forest honey harvesting process, the mangrove forest honey farmer group also conducts patrols in the mangrove forest. Patrols are carried out to monitor post-harvest mangrove honeycombs and maintain mangrove honey habitat.

3. Crab farming

Community groups in Nipah Panjang Village also take advantage of the mangrove forest environment by fishing and crab farming, although still in the development stage. The crab fishing uses a tool called a *bubu* (crab trap). The crabs caught are usually still small, so they are unsuitable for sale. Therefore, the crabs are farmed largely using the silvofishery model, shown in Figure 4. Silvofishery is a sustainable aquaculture system that combines fisheries with mangrove planting (Perwitasari *et al.*, 2020; Hastuti & Budihastuti, 2016).



Figure 5. Crab farming with Silvofishery System.

The community considers the farming process of crab enlargement using the silvofishery model very effective because the crab growth process will be faster and minimize the potential for crab death due to stress. That is because ecologically silvofishery-patterned ponds get a high supply of organic matter from mangrove forests (Poedjirahajoe, 2015; Sulistyorini *et al.*, 2018).

The forms of utilization of mangrove forests in Nipah Panjang Village include kelulut honey, forest honey, and crab farming. It is considered that most of the flora in mangrove forests have flowers containing nectar and pollen that bees need as a food source. Besides that, this mangrove is planted on the edge of ponds because it has a vital role in triggering high phytoplankton growth (Basyuni *et al.*, 2018; Adalina & Heryati, 2019). Using mangrove forests in Nipah Panjang Village is sustainable, but that does not mean mangrove forests are free from deforestation. Nipah Panjang Village is a village that has been released from forest areas, where the community has rights to land management in the mangrove forest area. Socialization needs to be carried out in the community, especially among people who do not get the positive impact of mangrove forests' existence in terms of ecology and economy.



Figure 6. The Appearance of The Mangrove Forest in Nipah Panjang Village From an Aerial Photo.

Utilizing this form can maximize ecotourism's function in preserving the Nipah Panjang Village's mangrove forest. The mangrove forest area in Nipah Panjang Village is unique. It has a high canopy density, so it becomes a natural habitat for proboscis monkeys (*Nasalis larvatus*) (Yokassye *et al.*, 2019; Asy'Ari & Putra, 2021). In addition, the community in Nipah Panjang Village has a high perception of mangrove ecosystems and ecotourism (Jabbar *et al.*, 2021). Turning the mangrove forest area in Nipah Panjang Village into ecotourism encourages local economic growth that improves community welfare and preserves natural resources (Sisriany *et al.*, 2021).



Figure 7. Mangrove Ecotourism in Nipah Panjang Village and Packaged Kelulut Honey.

The local government is also developing various products, such as kelulut honey and forest honey, to utilize the potential of the mangrove forest area and support forest preservation. This development takes the form of packaging and marketing products to be sold outside the village of Nipah Panjang or become a typical souvenir of mangrove ecotourism in the village of Nipah Panjang (Figure 7). In addition to maximizing the potential of ecotourism in Nipah Panjang Village, we believe it is also necessary to consider the

environmental impacts if mangrove ecotourism succeeds. Therefore, ecotourism must be appropriately implemented to minimize the adverse impact of tourists on local habitats (Friess, 2017).

CONCLUSIONS

The spatial distribution of mangrove forests in Nipah Panjang Village is dominated by areas directly adjacent to the waters. In the southern part of the village of Nipah Panjang is a peat forest that is almost similar to a mangrove forest at first glance. The mapping results also show that from 2013 through 2018, there was deforestation of around 3.12 Ha. The amount of deforestation that occurred was much lower than the previous year due to the implementation of a devolution policy by granting village forest permits in Nipah Panjang Village.

This policy allows the local communities of Nipah Panjang Village to manage and utilize their forests independently. Currently, the forms of utilization of mangrove forests in Nipah Panjang Village include kelulut honey, forest honey farming, and crab farming with the concept of silvofishery and the development of ecotourism. This form of utilization needs to be maximized so that the community's welfare increases, ultimately maintaining the mangrove forest.

REFERENCE

- Adalina, Y., & Heryati, Y. 2019. Characteristics of mangrove honey from the Komodo National Park Area and Kubu Raya Protected Forest. *EurAsian Journal of BioSciences*, **13**(2): 2407-2415.
- Adam, I. N., Kasim, F., & Panigoro, C. 2018. Value of indirect benefits of mangrove forests as coastal abrasion protectors. *The NIKE Journal*, **6**(4).
- Alongi, D. M. 2018. Impact of global change on nutrient dynamics in mangrove forests. *Forests*, **9**(10): 596.
- Asy'Ari, R., & Putra, M. C. A. 2021. MAKABUT (mangroves-bekantan-gambut): A Solution for The Development of Integrated Eco-Tourism Area in Mangrove-Proboscis Monkey's Habitat in Batu Ampar, Kubu Raya Regency, West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 771, no.1, p. 012033).
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R. M., Rebelo, L. M., Hilarides, L., Thomas, N., ... & Finlayson, C. M. (2018). The Global Mangrove Watch—A New 2010 Global Baseline of Mangrove Extent. *Remote Sensing*, **10**(10): 1669.

- Duarte, A. W. F., dos Santos Vasconcelos, M. R., de Menezes, A. P. D., da Silva, S. C., Oda-souza, M., & López, A. M. Q. 2012. Composition and Antioxidant Activity of Honey from Africanized and Stingless Bees in Alagoas (Brazil): A Multivariate Analysis. *Journal of Apicultural Research*, **51**(1): 23-35.
- Eddy, S., Milantara, N., Sasmito, S. D., Kajita, T., & Basyuni, M. 2021. Anthropogenic Drivers of Mangrove Loss and Associated Carbon Emissions in South Sumatra, Indonesia. *Forests*, **12**(2): 187.
- Fariz, T. R., Nurhidayati, E., Damayanti, H. N., & Safitri, E. 2020. Komparasi Model Cellular Automata Dalam Memprediksi Perubahan Lahan Sawah Di Kabupaten Purworejo. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, **6**(2).
- Fariz, T. R., Permana, P. I., Daeni, F., & Putra, A. C. P. 2021. Pemetaan ekosistem mangrove di Kabupaten Kubu Raya menggunakan machine learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, **18**(2): 83-89.
- Fariz, T. R., Permana, P. I., Jabbar, A., Saoki, R. N., & Purwadi, C. E. 2024. Local Wisdom on Mangrove Management in Nipah Panjang Village, Indonesia. PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3828888/v1>]
- Friess, D. A. 2017. Ecotourism as A Tool for Mangrove Conservation. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, **1**(1): 24-35.
- Hastuti, E. D., & Budiastuti, R. 2016. Potential of Mangrove Seedlings for Utilization in The Maintenance of Environmental Quality within Silvofishery Ponds. *BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, **23**(1): 58-63.
- Jabbar, A., Nusantara, R. W., & Akbar, A. A. 2021. Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove Berbasis Ekowisata pada Hutan Desa di Kecamatan Batu Ampar Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, **19**(1): 140-152.
- Lang, S., Schöpfer, E., & Langanke, T. (2009). Combined Object-based Classification and Manual Interpretation-synergies For A Quantitative Assessment of Parcels and Biotopes. *Geocarto International*, **24**(2): 99-114.
- Lukman, L., Hardiansyah, G., & Siahaan, S. Potensi Jenis Lebah Madu Kelulut (*Trigona Spp*) Untuk Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Galang Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah. *Jurnal Hutan Lestari*, **8**(4): 792-801.
- Nurdwiansyah, D., Hardiansyah, G., & Roslinda, E. 2021. Analisis Kinerja Penurunan Deforestasi Di 10 Izin Hutan Desa Kecamatan Batu Ampar. *Jurnal TENGGAWANG*, **11**(1).
- Pardede, E. 2013. Mangrove untuk Mendukung Lingkungan Hidup, Keanekaragaman Hayati dan Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Peranan Pers Pada Pembangunan Pertanian Berwawasan Lingkungan Mendukung Kedaulatan Pangan Berkelanjutan.
- Perwitasari, W. K., Muhammad, F., & Hidayat, J. W. 2020. Silvofishery as an Alternative System of Sustainable Aquaculture in Mororejo Village, Kendal Regency. *E3S Web of Conferences* (Vol. 202, p. 06043).
- Poedjirahajoe E. 2015. Klasifikasi Habitat Mangrove untuk Pengembangan Silvofishery Kepiting Soka (*Scylla serrata*) di Pantai Utara Kabupaten Rembang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **9**(2):86-93.
- Rahadian, A., Prasetyo, L. B., Setiawan, Y., & Wikantika, K. 2019. Tinjauan Historis Data dan Informasi Luas Mangrove Indonesia. *Media Konservasi*, **24**(2): 163-178.
- Ritabulan, R., Basuni, S., Santoso, N., & Bismark, M. (2016). Hambatan implementasi kebijakan Hutan Tanaman Rakyat di Batu Ampar, Propinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Analisis Kebijakan*, **13**(2): 73-84.
- Ritohardoyo, S., & Ardi, G. B. 2011. Arah Kebijakan Pengelolaan Hutan Mangrove: Kasus Pesisir Kecamatan Teluk Pakedai, Kabupaten Kubu Raya, Propinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, **8**(2): 83-94.
- Saleh, E., Mojiol, A. R., & Abd Halim, N. W. 2011. Human intervention on mangrove area in Ambong Bay, Kota Belud, Sabah. *Borneo science*, **28**: 30-36.
- Saprudin, S., & Halidah, H. 2012. Potensi dan Nilai Manfaat Jasa Lingkungan Hutan Mangrove Di Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, **9**(3): 213-219..
- Shi, M., Yin, R., Zulu, L., Qi, J., Freudenberger, M., & Sommerville, M. 2016. Empirical Linkages Between Devolved Tenure Systems and Forest Conditions: Selected Case Studies and Country Experiences. *Forest Policy and Economics*, **73**: 286-293.

- Sisriany, S., Sulistyantara, B., & Budiarti, T. 2021. Multicriteria potential mapping for Mangrove ecotourism in Batu Ampar, West Kalimantan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 879, No. 1, p. 012023).
- Sudrajat, J., Jamaludin, J., Anshari, G. Z., Gusmayanti, E., Sawerah, S., & Jabbar, A. 2023. Analisis Keberhasilan Pengelolaan Hutan Mangrove: Kasus Rehabilitasi dan Konservasi oleh Komunitas Peduli Pesisir. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, **9(1)**: 73-86.
- Sulistyorini, I. S., Poedjirahajoe, E., Faida, L. R. W., & Purwanto, R. H. 2018. Social Capital in Mangrove Utilization for Silvofishery: Case Study in Kutai National Park, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, **24(2)**: 60-60.
- Xia, Q., Qin, C. Z., Li, H., Huang, C., & Su, F. Z. 2018. Mapping Mangrove Forests Based on Multi-tidal High-resolution Satellite Imagery. *Remote Sensing*, **10(9)**: 1343.
- Yaacob, M., Rajab, N. F., Shahar, S., & Sharif, R. 2018. Stingless Bee Honey and Its Potential Value: A Systematic Review. *Food Research*, **2(2)**:124-133.
- Yokassye, A., & Rifanjani, S. 2019. Aktivitas Makan Bekantan (*Nasalis Larvatus*) di Hutan Mangrove Desa Nipah Panjang Kecamatan Batu Ampar Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, **7(3)**.
- Young, J. C., Rose, D. C., Mumby, H. S., Benitez-Capistros, F., Derrick, C. J., Finch, T., ... & Mukherjee, N. 2018. A Methodological Guide to Using and Reporting on Interviews in Conservation Science Research. *Methods in Ecology and Evolution*, **9(1)**: 10-19.



Harmony of Behavior and Environment: The Role of Risks, Attitudes, Norms, Abilities, Self-regulation Models in Optimizing Sustainable Water Management

Enda Kalyana Putri¹, Ana Uswatun Hasanah²

¹ Department of Geography, Faculty of Social and Political Sciences, Universitas Negeri Semarang

² Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Universitas Islam Indonesia

Info Artikel

Article History

Juni

Abstrak

Akses terhadap air bersih tetap menjadi isu krusial di kawasan urban fringe, di mana pertumbuhan penduduk, keterbatasan infrastruktur sanitasi, dan pola perilaku masyarakat saling berinteraksi. Penelitian ini mengkaji peran faktor-faktor psikososial berdasarkan model Risks, Attitudes, Norms, Abilities, and Self-regulation (RANAS) dalam memengaruhi perilaku pengelolaan air bersih pada tingkat rumah tangga di Kelurahan Tahunan, Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta. Dengan menggunakan desain penelitian *cross-sectional* dan teknik multistage random sampling di beberapa lingkungan perwakilan, data dikumpulkan dari 97 rumah tangga dan dianalisis menggunakan regresi linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi risiko ($\beta = 0,229$, $p = 0,035$), norma sosial ($\beta = 0,229$, $p = 0,028$), dan kemampuan ($\beta = 0,321$, $p = 0,003$) berpengaruh signifikan terhadap perilaku pengelolaan air bersih, sementara sikap dan regulasi diri tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik. Temuan ini menekankan pentingnya mengintegrasikan intervensi berbasis perilaku dengan perbaikan struktural, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan infrastruktur sanitasi. Studi ini merekomendasikan edukasi masyarakat yang terarah, pengembangan infrastruktur, serta intervensi kebijakan yang memprioritaskan norma sosial dan penguatan kapasitas sebagai strategi untuk mendorong praktik pengelolaan air yang berkelanjutan.

Keywords:

clean water, RANAS, psychosocial, sustainable water management

Abstract

Access to clean water remains a critical issue in urban-fringe areas where population growth, inadequate sanitation infrastructure, and behavioral patterns intersect. This study investigates the role of psychosocial factors based on the Risks, Attitudes, Norms, Abilities, and Self-regulation (RANAS) model in influencing household water management behavior in Kelurahan Tahunan, Umbulharjo District, Yogyakarta. Using a cross-sectional design and multistage random sampling across representative neighborhoods, data were collected from 97 households and analyzed through multiple linear regression. Results show that perceived risk ($\beta = 0.229$, $p = 0.035$), social norms ($\beta = 0.229$, $p = 0.028$), and abilities ($\beta = 0.321$, $p = 0.003$) significantly affect household behavior in managing clean water, while attitudes and self-regulation were not statistically significant. The findings underscore the importance of integrating behavioral interventions

with structural improvements, particularly in areas with limited sanitation infrastructure. This study advocates for targeted community education, infrastructure development, and policy interventions that prioritize social norms and capacity-building to foster sustainable water practices.

*E-mail

endaputri@mail.unnes.ac.id

©2023 Published by UNNES. This is an open access

DOI 10.15294/ijc.v14i1.29480

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

INTRODUCTION

Clean water and sanitation are fundamental human rights, yet billions of people worldwide still face difficulties accessing these basic services. This challenge is exacerbated by the impacts of climate change and increasing population growth rates that significantly increase pressure on the availability and quality of clean water resources (United Nations, 2023). In developing countries such as Indonesia, people generally still rely on groundwater as the primary source to meet their daily domestic needs (Putri et al., 2024). However, the management of water resources in Indonesia still faces various problems, including groundwater pollution due to increasing anthropogenic activities such as residential development, industry, and inadequate sanitation practices (Anatoly et al., 2024; Aslam et al., 2021). These activities create the potential for new contamination pathways, increasing the risk of declining groundwater quality, both physically, chemically and microbiologically (Putri et al., 2024). Therefore, efforts to manage clean water sustainably require a technical approach and a transformation in the behavior of communities as the main users of water resources.

The appeal of Yogyakarta City as a center for tourism, education, and culture also contributes to the annual population increase. The population of Yogyakarta City is recorded at 375,770 people with a population growth rate of 0.12%. With a population density of 11,562 people/km², Yogyakarta City ranks highest in terms of population density compared to other districts in the Special

Region of Yogyakarta Province (Central Bureau of Statistics^a, 2025). Based on the National Socio-Economic Survey, at least 45.89% of households in Yogyakarta City still use water sources from wells (groundwater) for cooking, bathing, washing and so on (Central Bureau of Statistics^b, 2025). Meanwhile, based on 2021 data collected from the Yogyakarta City Public Works and Public Housing Agency, 82.4% of the people of Yogyakarta City use the Domestic Wastewater Management System (SPALD) in the form of a local system. In addition, 34.58% of households in Yogyakarta City have a distance between the location of the clean water source used for cooking, bathing or washing and the waste/excrement/feces storage area of less than 10 meters (Central Bureau of Statistics^c, 2024). This condition raises concerns regarding the potential for groundwater contamination, especially considering that most of the waste is managed locally and the close distance between the clean water source and the waste storage area. Total coliform is used as an indicator of environmental quality because it includes various species of bacteria, both from fecal waste and non-fecal sources, which have the potential to endanger human health (Curl et al., 2022). Under natural conditions, undisturbed aquifers usually have very low coliform levels (Sworobuk et al., 1987). Therefore, the presence of total coliform in groundwater is an indication of infiltration of groundwater pollution from the ground surface into the aquifer system, considering that the concentration of Total coliform in groundwater is generally 100 times lower than that of surface water (Dey et al., 2022).

Factors influencing microbiological contamination of groundwater include local environmental conditions, the functioning of clean water and sanitation infrastructure, and spatially varying hydrogeological characteristics (O'Dwyer et al., 2018; Poulin et al., 2020; Widiyanti, 2019). Pathogens from human and animal domestic waste can enter the water system through leaks in sanitation pipes or impermeable clean water distribution systems (Manga et al., 2020). This situation shows that groundwater pollution is a multidimensional problem that is not only related to technical aspects, but also to the behavior and social systems of the community. Human behaviour is one factor contributing to inefficient water use (Moncelano and Rietveld, 2021). However, technical policies and interventions alone are not effective enough in dealing with this problem if they are not accompanied by a comprehensive understanding of the behavioral and psychosocial factors of the community in sustainable water management (Rahmania, 2024).

Several studies have shown that there is still a gap in understanding the role of psychosocial factors in sustainable water management, especially in urban fringe areas. Habits, social norms, and risk perceptions are often ignored in the planning of clean water and sanitation systems, even though these factors influence the sustainability of long-term facility use (Tilley et al., 2013). An approach that does not take into account attitudes, individual abilities, and social influences will result in less effective and short-lived interventions (Mosler, 2012). On the other hand, the urban fringe is often a socio-ecological transition zone with dynamic community structures, uneven infrastructure conditions, and heterogeneous population characteristics, requiring a more contextual and participatory approach (Sahin et al., 2020). The absence of mapping of psychosocial factors such as community norms, self-regulation, and perceptions of benefits-difficulties, often inhibits behavioral changes that support clean water management at the household and community levels.

Several studies have begun to apply the components of the RANAS psychosocial model—Risk, Attitude, Norm, Ability, and Self-regulation to understand environmental resource management behavior. Handwashing and using household water treatment technology are two examples of behaviours related to water, sanitation, and hygiene (WASH) practices assessed using the RANAS framework (Mosler, 2012; Dreibelbis et al., 2013). The RANAS model has also been used to study sanitation behaviour, and the results showed that attitude and self-regulation factors had a significant impact (Nastiti et al., 2025). Meanwhile, behavior related to water conservation is influenced by attitude, perceived control (ability), and social norms (Azizah et al., 2023). In addition, attitudes are very important in shaping water-saving intentions, although there is a gap between awareness, motivation, and actual behavior (Mulyana et al., 2024). Although these studies are in-depth in the context of RANAS, most focus on large urban environments or non-water sectors (solid waste) and rarely include all five RANAS components comprehensively in one comprehensive model for clean water management (Dean et al., 2021; Diaz et al., 2020; Singha et al., 2022).

Most previous studies on behavior-based clean water management still focus on rural areas or large urban areas, while urban fringe areas have been overlooked. Urban fringe areas such as Umbulharjo District, Yogyakarta City are transition areas that experience demographic pressures, land conversion, and rapid infrastructure development. These pressures increase the risk of declining groundwater quality, especially due to inadequate sanitation systems and uncontrolled land use (Setiawan & Suharyanto, 2020).

This study aims to analyze the contribution of each component in the RANAS Model to sustainable clean water management behavior at the household level, identify the relationship between psychosocial factors and physical environmental conditions, and develop recommendations for appropriate behavior-

based interventions to support participatory and sustainable clean water management. With the RANAS model approach, this research is expected to be a reference for formulating government programs in clean water and sanitation education that are more effective because they take into account the social conditions of the local community.

METHODS

This study uses a descriptive-quantitative approach with a cross-sectional survey to analyze the relationship between psychosocial variables in the RANAS Model and clean water management behavior at the household level.

Research Location

This study was conducted in Umbulharjo District, Yogyakarta City (Figure 1). This district was chosen because it has the highest target for finding diarrhea cases, which is indicated by several risk factors such as poor sanitation levels, limited access to clean water, low clean and healthy living behavior, and high population density (Yogyakarta City Health Office, 2024). The focus of further studies was directed to Tahunan Village, Umbulharjo District, Yogyakarta City considering that the results of groundwater quality sampling in Tahunan Village were all contaminated with coliform bacteria. All groundwater samples showed total coliform values above 0 CFU/100 ml and *E. coli* values above 0 CFU/100 ml. This indicates that all groundwater samples exceeded the quality standards set by the Indonesian Ministry of Health (Table 1).

Table 1. Groundwater Quality Data Tahunan Village in 2024

No.	Coordinate		Parameter (CFU/100 ml)	
	Latitude	Longitude	Total Coliform	<i>E. Coli</i>
1	-7,804566022	110,38575	138*	8*
2	-7,804882416	110,38570	>200*	51*
3	-7,805388286	110,38552	>200*	>200*
4	-7,805589697	110,38466	>200*	>200*
5	-7,805710217	110,38359	>200*	180*
6	-7,80589871	110,38025	>200*	>200*
7	-7,807472948	110,38046	>200*	>200*
8	-7,8107025	110,38168	>200*	12*
9	-7,809583514	110,38436	118*	6*

10 -7,808975701 110,38422 55* 6*

*Exceeding the Water Quality Standard according to Indonesian Minister of Health Regulation No. 2 of 2023

Source: Yogyakarta City Environmental Service, 2024

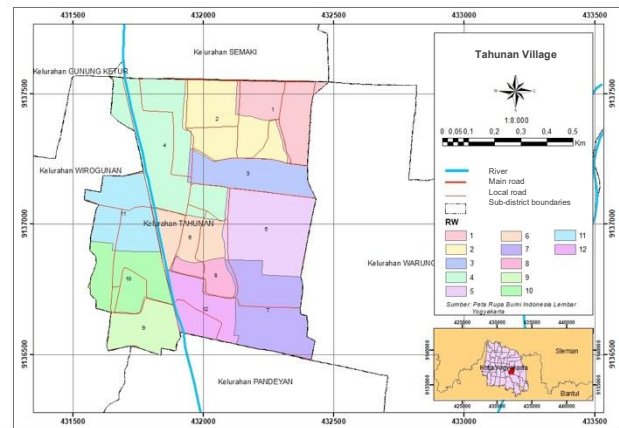


Figure 1. Research Site Map

Data Collection

The unit of analysis in this study was the community of Tahunan Village, Umbulharjo District, Yogyakarta City. The sample was determined using a multistage random sampling technique where the selection of Tahunan Village was purposive due to the high level of groundwater pollution. Furthermore, the respondent sample was selected using simple random sampling in each Community Unit (*Rukun Warga*—RW) in Tahunan Village. The number of respondents was determined based on the Slovin formula with a margin of error of 10% based on 3.118 total head of households in Tahunan Village. This study was conducted in 2023 among a total of 97 respondents.

Research Variables

The independent variables used the RANAS Model: Risks, Attitudes, Norms, Abilities, and Self-regulation (Table 2). The instrument was a closed questionnaire with a 5-point Likert scale (1 = strongly disagree to 5 = strongly agree), which was compiled based on the RANAS model guidelines from Mosler (2012). The dependent variable was household clean water management behavior which consists of water source security behavior, water storage behavior, drinking water treatment behavior, domestic waste management behavior, and water conservation behavior. The instrument was a

closed questionnaire with a 5-point Likert scale (1 = never to 5 = always).

regression model will be expressed in the following equation:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \epsilon$$

where:

Y = Clean Water Management Behavior

β_0 = Constant

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = Regression coefficient

X1 = Risks

X2 = Attitudes

X3 = Norms

X4 = Abilities

X5 = Self-regulation

ϵ = Error term

Data Analysis

The questionnaire data were analyzed using IBM SPSS 29 software. A validity test was used using Pearson Product Moment correlation analysis to ensure that the questionnaire instrument can be used to measure the variables studied with consistent results. Cronbach's alpha was calculated to assure consistency. Furthermore, this study use Multiple Linear Regression Analysis to identify the most dominant RANAS Model factors influencing household clean water management behavior. The multiple linear

Table 2. Operational Variables

Aspect	Variable	Code	Indicator	Statement
Risks	X1	X1.1	Perception of vulnerability	I am worried that the groundwater in my neighborhood is polluted and could cause family members to get sick.
		X1.2	Perception of severity	If the groundwater at home cannot be used because it is polluted, the cost of buying clean water from outside will be very burdensome.
Attitudes	X2	X2.1	Attitude towards safe practices	Properly managing household waste is very important to prevent groundwater pollution in my neighborhood.
		X2.2	Attitude towards drinking water treatment	Although groundwater from wells looks clear, treating it for drinking is an action that needs to be done.
Norms	X3	X3.1	Social norms	Most of my neighbors in my neighborhood care about and maintain the cleanliness of the water sources in their respective homes.
		X3.2	Social responsibility	I feel responsible for ensuring that the water my family uses is safe and clean.
Abilities	X4	X4.1	Financial and technical capability	I know how to manage household waste so that it does not pollute groundwater.
		X4.2	Technical knowledge	I have access to information or technology to check and treat the groundwater I use.
Self-regulation	X5	X5.1	Self-control	I often plan and try to reduce the use of chemicals that can pollute groundwater at home.
		X5.2	Action plan	I routinely evaluate whether my household practices are safe for the quality of groundwater in my neighborhood.
Household Clean Water Management Behavior	Y	Y1	Water Source Security Behavior	I ensure that the distance of the septic tank or waste reservoir from the clean water well meets the standards.
		Y2	Water Storage Behavior	I always tightly close the water reservoir at home to avoid contamination.
		Y3	Drinking Water Treatment Behavior	I boil water before using it for drinking or cooking.
		Y4	Domestic Waste Management Behavior	I dispose of household wastewater into the proper drain, not into an empty lot or gutter without treatment.
		Y5	Water Conservation Behavior	I turn off the tap when it is not in use, for example when brushing my teeth or washing dishes.

RESULT AND DISCUSSION

There were 97 respondents, consisting of 53.3% male and 46.7% female. At least 90.5 % of respondents in the research area used groundwater as their main source of clean water and the remaining 9.5% use water from the Regional Drinking Water Company (PDAM). The reasons for its cheapness and easy accessibility make groundwater still

popular in the research area. People use groundwater for bathing, washing, toilets, and cooking. As many as 52.4% of people use groundwater as a source of drinking water, 28.6% use bottled drinking water, 4.8% use water from PDAM for drinking water, and the remaining 14.3% use two sources for drinking water, for example from groundwater and bottled drinking water.

Based on the observations, the distance from the septic tank to the clean water well owned by residents is an average of 6.65 meters and statistically has a standard deviation value of 3.33, which means that the average value is acceptable. The shortest distance from the septic tank to the well measured in the observation is 1 meter and the furthest distance is 14.3 meters. The variable of the distance of the septic tank to the well is categorized based on SNI 2398:2017 where the septic tank must be placed at a location far from the clean water well at least 10 meters. The results of observations related to the distance of private septic tanks to clean water wells are 55.3% of households have a distance of septic tanks to wells <10 meters; 23.7% of households have a distance of septic tanks to wells ≥ 10 meters; and 21.1% of households have used the Communal Domestic Wastewater Management System (SPALD) so they do not have septic tanks.

The validity test results showed that all statements had a significance value of <0.05, indicating that all questionnaire items were valid. The reliability test results showed that all variables had a Cronbach's alpha value greater than 0.60, indicating that all variables are reliable. (Table 3).

Table 3. Validity and reliability test results

Variabel	Item	Validity p-value	Reability Cronbach's Alpha
Risk (X1)	X1.1	<0.001	0.697
	X1.2	<0.001	
Attitudes (X2)	X2.1	<0.001	0.699
	X2.2	<0.001	
Norms (X3)	X3.1	<0.001	0.654
	X3.2	<0.001	
Abilities (X4)	X4.1	<0.001	0.699
	X4.2	<0.001	
Self regulation (X5)	X5.1	<0.001	0.778
	X5.2	<0.001	
Household Clean Water Management Behavior (Y)	Y1	<0.001	0.616
	Y2	<0.001	
	Y3	<0.001	
	Y4	<0.001	
	Y5	<0.001	

Source: Analysis, 2025

Regression analysis

The multiple linear regression analysis conducted to assess the influence of psychosocial factors based on the RANAS model: Risk (X1), Attitudes (X2), Norms (X3), Abilities (X4), and Self-regulation (X5) on household clean water management behavior (Y) yielded several insightful findings. The model showed a strong explanatory power, with an R value of 0.677, indicating a moderate-to-strong correlation between the independent variables and the dependent variable. The R^2 value of 0.458 suggests that 45.8% of the variance in household water management behavior can be explained by the five RANAS components (Table 4). Furthermore, the model was statistically significant as indicated by the ANOVA F-statistic ($F = 15.386$, $p < 0.001$), confirming the overall model's goodness-of-fit (Table 5).

Table 5. Coefficient of Determination Results

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error
1	.677	.458	.428	1.733

Source: Analysis, 2025

Table 4. F-test Results

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	230.918	5	46.184	15.386	<.001
Residual	273.143	91	3.002		
Total	504.062	96			

Source: Analysis, 2025

Although the contribution is statistically significant, the magnitude of the influence is moderate, indicating that there are other factors outside the RANAS model that may also play an important role in influencing clean water management behavior, such as structural factors, policies, or physical environmental conditions (Sahin et al., 2020; Anatoly et al., 2024). Effective and sustainable groundwater management requires not only behavioral change but also strong regulatory frameworks, licensing systems, monitoring, conservation zoning, research investment, and active stakeholder collaboration to support implementation.

Table 6. Multiple Linear Regression

Model	Unstandardized B	Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
(Constant)	10.725	1.998		5.367	<.001
X1	.486	.154	.259	3.162	.002
X2	-.108	.191	-.047	-.566	.573
X3	.343	.154	.229	2.233	.028
X4	.516	.167	.321	3.097	.003
X5	.251	.163	.142	1.543	.126

Source: Analysis, 2025

The Risk variable (X1) demonstrated a positive and statistically significant influence on household behavior ($\beta = 0.259$, $p = 0.002$). This indicates that households with higher perceived vulnerability to waterborne diseases or environmental degradation due to poor water quality tend to adopt more proactive and protective water management practices. This is aligned with the risk component of the RANAS model, which posits that increasing awareness of consequences is critical to initiating behavioral change (Mosler, 2012).

Surprisingly, the Attitude variable (X2) showed a negative and non-significant effect ($\beta = -0.047$, $p = 0.573$). This result deviates from many previous studies where positive attitudes toward hygiene behaviors significantly influenced WASH-related practices (Contzen & Mosler, 2015; Savari et al., 2022). One possible explanation is the existence of an attitude-behavior gap, where favorable opinions do not translate into consistent actions, especially when structural barriers or habitual inertia are present (Dreibelbis et al., 2013). For instance, Nugroho et al. (2022) found that attitudes toward water conservation were not significant driving forces of residents' intention to engage in water conservation initiatives in West Java, Indonesia. This suggests that, particularly attitudes alone may lack sufficient motivational force to drive action without complementary enabling conditions such as infrastructure, economic feasibility, or social reinforcement. In addition, Mulopo et al. (2020) highlight that many community members in South Africa held negative attitudes toward the use of safe water sources, viewing them as inconvenient and time-consuming. This points to a cost-benefit evaluation that residents often

undertake where positive environmental attitudes may be overridden by perceived physical, temporal, or economic burdens.

The study found that norms (X3) had a significant positive effect on household clean water management behavior ($\beta = 0.229$, $p = 0.028$), highlighting the critical role of social influence in promoting sustainable practices in urban-fringe areas like Umbulharjo. This aligns with behavioral theories such as the Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991) and the RANAS model, which emphasize the power of both descriptive and injunctive norms. Prior studies support this, showing that norms significantly influence water conservation behaviors either directly or through behavioral intentions (Savari et al., 2021; Azizah, 2024). Moreover, community leader involvement and public commitment strategies can strengthen normative influence (Mulopo, 2020), while social modeling and peer approval have been shown to reinforce sustainable behaviors, particularly among younger populations (Rahmania, 2024). These findings suggest that fostering positive social norms and collective responsibility is essential for enhancing clean water practices at the household level.

Abilities (X4) emerged as the strongest positive predictor of household clean water management behavior ($\beta = 0.321$, $p = 0.003$), emphasizing the central role of individual capacity such as knowledge and technical skills in enabling effective action. This aligns with the concept of RANAS model that practical ability is a prerequisite for behavioral change (Mosler, 2012). Mulopo (2020) notes that low adoption of safe water practices often stems from limited access to infrastructure, making it difficult for individuals to sustain new habits, thus highlighting the need for not only skill-

building but also structural support. Furthermore, subjective well-being—a dimension closely linked to perceived ability—was found to be a consistent predictor of both present and future water conservation behavior (Diaz et al., 2020; Aslam et al., 2021). These findings suggest that beyond knowledge and technology, individuals' perceptions of their own stability and resilience can shape their willingness to engage in water-related sustainable practices. Future research could explore how ability levels vary across financial and educational backgrounds, thereby clarifying the extent to which these structural and cognitive resources moderate the influence of abilities on water management behavior.

Although Self-regulation (X5) was not statistically significant ($\beta = 0.142$, $p = 0.126$), its positive coefficient suggests a potential role in supporting clean water management behaviors through mechanisms such as goal-setting, self-monitoring, and behavioral adjustment. This aligns with previous findings that self-regulation contributes to behavior maintenance when combined with strong motivation and supportive environmental cues (Dreibelbis et al., 2013). The absence of statistical significance in this study may reflect contextual constraints, such as limited external reinforcement or competing priorities within the household. Moreover, Moncaleano et al. (2021) emphasize that cultural factors like ingrained beliefs, traditions, and daily routines often shape how water is perceived, used, and managed, potentially overriding internal regulatory efforts. We assume the efficacy of self-regulation may depend heavily on how well it is supported by culturally appropriate interventions and community norms especially in Indonesia. These findings indicate that while self-regulation alone may not be a strong predictor, it remains an important complementary factor in designing behavior change strategies that are both context-sensitive and sustainable.

The multiple linear regression model indicates that household clean water management behavior is significantly influenced by risk perception (X₁), social

norms (X₃), and abilities (X₄). These findings highlight the importance of practical capacity and communal expectations in shaping water-related practices. Although attitudes (X₂) and self-regulation (X₅) showed positive or negative trends, their effects were statistically insignificant, suggesting the presence of an attitude-behavior gap and the need for supporting structural conditions. The multiple linear regression analysis produced the following equation:

$$Y = 10.725 + 0.486X_1 - 0.108X_2 + 0.343X_3 + 0.516X_4 + 0.251X_5$$

Sustainable Water Management at Household Levels

The findings of this study underscore the need for a more integrated approach to sustainable water management, particularly in urban-fringe communities like Umbulharjo, where behavioral interventions alone are insufficient. While attitudes are often emphasized in theoretical models, their non-significant effect in this study highlights the limitations of attitudinal change in isolation. This gap suggests that structural constraints such as lack of access to safe sanitation, poor infrastructure, and socio-economic disparities can inhibit the translation of positive attitudes into effective household water management behavior (Nastiti et al., 2025; Nugroho et al., 2022). Therefore, improving sanitation infrastructure, especially through the enforcement of septic standards and safe containment systems is crucial. The government must regulate and monitor household construction and promote technologies that ensure faecal sludge is safely managed, as unsafe tanks continue to threaten groundwater quality and public health.

Equally important is fostering household-level water conservation through education, awareness-building, and behavioral empowerment. As emphasized by Singha et al. (2022), knowledge about conservation techniques and the environmental importance of water saving behaviors must be disseminated widely. Increasing residents' awareness and

confidence in conservation practices can significantly influence their willingness to adopt water-efficient habits (Nugroho et al., 2022; Rahmania, 2024). Additionally, policymakers should invest in the development of social norms that promote water saving behaviors. Successful cases of community level water curtailment should be amplified and used as models for behavioral diffusion (Savari et al., 2021). These efforts must also involve influential community figures through public campaigns, training programs, and local media to trigger normative shifts and collective commitment to sustainability. Ultimately, institutions and water users alike play a critical role in ensuring sustainable water use by making informed decisions that promote efficiency across the water-use chain (Moncaleano & Rietveld, 2021).

CONCLUSIONS

This study provides empirical evidence that psychosocial factors, particularly risk perception, social norms, and abilities play a significant role in shaping household behavior regarding clean water management in urban-fringe settings. Among these, abilities emerged as the strongest predictor, highlighting the importance of access to knowledge, skills, and supportive infrastructure. Although attitudes and self-regulation did not exhibit statistically significant effects, their positive direction suggests potential for influence when coupled with enabling conditions and supportive environments.

The implications of these findings emphasize the need for integrated strategies that combine behavioral change approaches with structural interventions. Programs that enhance community awareness, promote water conservation, and build technical capacity especially through the involvement of influential social actors and regulatory enforcement are essential for long-term sustainability. As urban expansion continues to place pressure on water resources, efforts to align individual behavior with environmental goals must address both psychosocial and systemic determinants. This

study contributes to the growing body of knowledge on sustainable water governance and offers valuable insights for policymakers, practitioners, and researchers working in similar contexts.

REFERENCES

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Anatoly, N., Rusydi, A.F., Lubis, R.F., Apip, Tirtomihardjo, H., Setiawan, T., Iman, M.I., Syahidah, M., Taufik, A. (2024). Groundwater Issues and Management in Indonesia. *Catalogue of Hydrologic Analysis for Asia and the Pacific*, Volume 3.
- Aslam, S., Aftab, H., Martins, J. M., Mata, M. N., Qureshi, H. A., Adriano, A. M., & Mata, P. N. (2021). Sustainable Model: Recommendations for Water Conservation Strategies in a Developing Country Through a Psychosocial Wellness Program. *Water*, 13(14), 1984. <https://doi.org/10.3390/w13141984>
- Azizah, R. N., Putri, D. M., Imami, A. D., Mutiara, E., Putri, Y., Putra, N., ... & Prayogo, W. (2024). Water Conservation Practices viewed from Community Socio-Psychological Factors (Case Study: Bandar Lampung City, Indonesia). *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.12962%2Fj25481479.v9i1.20165>
- Central Bureau of Statistics^a (*Badan Pusat Statistik*). (2025). Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam angka 2025. BPS.
- Central Bureau of Statistics^b (*Badan Pusat Statistik*). (2025). Indikator kesejahteraan rakyat Kota Yogyakarta 2025. BPS Kota Yogyakarta
- Central Bureau of Statistics^c (*Badan Pusat Statistik*). (2025). Statistik kesejahteraan rakyat Kota Yogyakarta 2025. BPS Kota Yogyakarta.

- Contzen, N., & Mosler, H.-J. (2015). Identifying the psychological determinants of handwashing: Results from two cross-sectional questionnaire studies in Haiti and Ethiopia. *American Journal of Infection Control*, 43(8), 826–832. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.04.186>
- Dean, A. J., Kneebone, S., Tull, F., Lauren, N., Smith, L.D.G. 'Stickiness' of water-saving behaviours: What factors influence whether behaviours are maintained or given up?. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105531. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105531>
- Diaz, J., Odera, E., Warner, L. (2020). Delving deeper: Exploring the influence of psycho-social wellness on water conservation behavior. *Journal of Environmental Management*, 264, 110404. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110404>.
- Dreibelbis, R., Winch, P. J., Leontsini, E., Hulland, K. R. S., Ram, P. K., Unicomb, L., & Luby, S. P. (2013). The Integrated Behavioural Model for WASH. *Tropical Medicine & International Health*, 18(3), 250–257. <https://doi.org/10.1111/tmi.12012>
- Ministry of Health of the Republic of Indonesia (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia). (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan air untuk keperluan higiene dan sanitasi.
- Mosler, H.-J. (2012). A systematic approach to behavior change interventions for the water and sanitation sector in developing countries: A conceptual model, a review, and a guideline. *International Journal of Environmental Health Research*, 22(5), 431–449. <https://doi.org/10.1080/09603123.2011.650156>
- Moncaleano D.C.C., Saket, P., Rietveld, L. (2021). Water Use Efficiency: A Review of Contextual and Behavioral Factors. *Frontiers in Water*, 3, 2021. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.685650>
- Mulopo, C., Kalinda, C., Chimbari, J.M. (2020). Contextual and Psychosocial Factors Influencing the Use of Safe Water Sources: A Case of Madeya Village, uMkhanyakude District, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1349. [doi:10.3390/ijerph17041349](https://doi.org/10.3390/ijerph17041349)
- Mulyana, R., Suryawan, I. W. K., Septiariva, I. Y., Prayogo, W., Suhardono, S., Sari, M. M., Arifianingsih, N. N. (2024). An Exploration into Behavioral Determinants of Water-Saving Attitudes and Their Sociodemographic Influences in Jakarta, Indonesia. *Water Conservation & Management*, 8(1): 115–122. <http://doi.org/10.26480/wcm.01.2024.115.122>
- Nastiti, A., Daniel, D., Oktavia, H. et al. Contextual and psychosocial factors predicting sanitation behaviours in rural Indonesia. *BMC Public Health*, 25, 633 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21893-3>
- Nugroho, P., Rahayu, A. D., Juliani, R. , Indarto, Cahyo, A. D. , Ankhoviyaya, N. , Gumilar, E. , Susanto, D. , & Nugroho, A. . (2022). Understanding Resident Intention and Behavior toward Water Conservation Initiative in the Upstream of West Java, Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(1), 12–25. <https://doi.org/10.23960/jsl.v10i1.541>
- O'Dwyer, J., Hynds, P. D., Byrne, K. A., Ryan, M. P., & Adley, C. C. (2018). Development of a hierarchical model for predicting microbiological contamination of private groundwater supplies in a geologically heterogeneous region. *Environmental Pollution*, 237, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.033>
- Poulin, C., Peletz, R., Ercumen, A., Pickering, A. J., Marshall, K., Boehm, A. B., Khush, R., & Delaire, C. (2020). What environmental factors influence the concentration of fecal indicator bacteria in groundwater?

- Insights from explanatory modeling in Uganda and Bangladesh. *Environmental Science & Technology*, 54, 13566–13578. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01610>
- Putri, E. K., Notodarmojo, S., Utami, R.R. (2024). Investigating dominant factors of coliform contamination in shallow groundwater: A logistic regression and AHP approach. *Groundwater for Sustainable Development*, Volume 27, <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101384>.
- Rahmania, Tia. (2024). Exploring school environmental psychology in children and adolescents: The influence of environmental and psychosocial factors on sustainable behavior in Indonesia. *Heliyon*, Volume 10, Issue 18, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37881>.
- Sahin, O., Stewart, R. A., & Porter, M. G. (2020). Water security modeling for urban fringe areas. *Urban Water Journal*, 17(4), 354–365. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1744855>
- Savari, M., Mombeni, A.S. & Izadi, H. Socio-psychological determinants of Iranian rural households' adoption of water consumption curtailment behaviors. *Scientific Reports* 12, 13077 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17560-x>
- Setiawan, B., & Suharyanto, A. (2020). Dinamika kualitas air tanah akibat perubahan tata guna lahan di kawasan urban fringe. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 16(2), 115–124.
- Sworobuk, J. E., Law, C. B., & Bissonnette, G. K. (1987). Assessment of the bacteriological quality of rural groundwater supplies in Northern West Virginia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 36, 163–170. <https://doi.org/10.1007/BF02393014>
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrugg, C. (2013). *Compendium of sanitation systems and technologies*. Eawag/Sandec. <https://www.eawag.ch/fileadmin/Dom>
[ain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_1st/Compendium-Final.pdf](https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_1st/Compendium-Final.pdf)
- United Nations. (2023). World Water Development Report. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>
- Widiyanti, B. L. (2019). Studi kandungan bakteri E. coli pada air tanah (confined aquifer) di permukiman padat Desa Dasan Lekong, Kecamatan Sukamulia. *Jurnal Geodika*, 3, 1–12. <https://doi.org/10.29408/geodika.v3i1.1471>
- Yogyakarta City Environmental Service (*Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta*). (2024). *Laporan pemantauan kualitas air tanah tahun 2024*. Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Yogyakarta.
- Yogyakarta City Health Office (*Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta*). (2024). *Profil Kesehatan Kota Yogyakarta Tahun 2024*. Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta.



Wildlife Monitoring Using Camera Trap at Gunung Celering Nature Reserve Jepara Regency Central Java

Budi Santoso¹, Muali², Danang Setyo Aji³

^{1,2,3} Staff at Central Java Nature Resource and conservation Agency

Info Artikel

Article History

Juni

Abstrak

Telah dilakukan survey monitoring satwa liar di Cagar Alam Gunung Celering (CAGC) yang terletak di Kabupaten Jepara Jawa Tengah pada bulan September hingga November 2023 dengan menggunakan kamera jebak. Survey dilakukan untuk mengidentifikasi satwa liar, mengetahui pola aktifitas satwa liar dimaksud dan mengidentifikasi jenis-jenis satwa liar yang dilindungi di CAGC.

Hasil survey menunjukkan telah didapatkan 868 video dengan rincian 173 video satwa liar, 14 video aktivitas manusia dan 711 video non obyek. Video satwa liar berjumlah 173 terdiri dari 14 jenis satwa liar yang terdiri dari Aves 7 jenis (6 Ordo, 6 Famili), 5 jenis Mamalia (5 ordo, 5 famili), 1 jenis Reptil dan 1 jenis Amfibi. Dari 173 video satwa liar didapatkan 7 video dari 4 spesies yang beraktifitas pada malam hari. Selebihnya yaitu 166 video berhasil didokumentasikan pada siang hari. Satwa yang didokumentasikan pada malam hari yaitu Katak, Musang, Kucing hutan dan tikus. 14 jenis satwa liar yang ditemukan terdapat 3 jenis spesies dilindungi berdasar Permenlhk 106/2018, 2 jenis satwa dengan status En (endangered) dan 1 jenis satwa dengan status Vul (Vulnerable) berdasar IUCN serta 3 jenis satwa berkategori Apendiks II dan 1 jenis satwa masuk dalam kategori Apendiks I CITES.

Keywords :

Nature reserve, Gunung Celering, Camera trap

* E-mail

budissi@yahoo.com

Abstract

A wildlife monitoring survey was conducted in the Gunung Celering Nature Reserve (GCNR) located in Jepara Regency Central Java during September to November 2023 using camera traps. The survey was conducted to identify wildlife, determine the activity patterns of the wildlife in question and identify the types of wildlife protected in GCNR.

The survey results showed that 868 videos were obtained with details of 173 wildlife video captures, 14 videos of human activities and 711 non-object videos. The 173 wildlife videos consisted of 14 types of wildlife consisting of 7 Aves (6 Orders, 6 Families), 5 Mammals (5 orders, 5 families), 1 Reptil and 1 Amphibian. Of the 173 wildlife videos, 7 videos were obtained from 4 species that were active at night. The remaining 166 videos were successfully documented during the day. The animals documented at night were Frogs, Civets, Jungle Cats and Rats. Of the 14 of wild animals found, there are 3 protected species based on Permenlhk 106/2018, 2 types of animals with En (endangered) status and 1 type of animal with Vul (Vulnerable) status

based on IUCN as well as 3 types of animals with Appendix II category and 1 type of animal included in Appendix I CITES category.

©2025 Published by UNNES. This is an open access

DOI 10.15294/jsi.v14i1.21450

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

INTRODUCTION

Gunung Celering Nature Reserve (GCNR), located in Jepara Regency, is one of the important conservation areas in Central Java, Indonesia. The area with an area of 1,328 hectares is the largest area or 46.7% of all conservation areas under the management of the Central Java Natural Resources Conservation Agency (BKSDA Jateng, 2023). The area, which is part of the Muria peninsula landscape, is known for its abundant biodiversity. This area is also known for its role in preserving rare and endangered wildlife.

Towards the vision of GCNR management, careful management is needed. Therefore, in the management of GCNR, a deep understanding of the diversity of wildlife in it is needed. According to (Zwerts et al., 2021), the management of the Conservation Area is evidence-based, so that management decisions are based on valid data so that management becomes adaptive and sustainable. One effective method for monitoring wildlife diversity is to use camera traps. Camera traps are devices that are automatically installed in natural habitats and can detect and record wildlife activity without human interference (O'Connell et al., 2011). Penggunaan kamera jebak telah terbukti memberikan data yang akurat dan detail mengenai keberadaan serta perilaku satwa liar. Metode ini dapat membantu dalam analisis perubahan populasi dan distribusi spesies dari waktu ke waktu (Rovero & Zimmerman, 2010). Penggunaan kamera jebak dinilai efektif dan efisien terhadap keterbatasan sumberdaya baik finansial dan manusia. Kamera jebak dapat bekerja sepanjang waktu untuk memantau dan mendokumentasikan satwa liar dalam sebuah habitat yang sulit diakses (Trolliet et al., 2014).

The use of camera traps in nature reserves such as Celering Mountain has great potential to enrich information related to animal diversity, especially species that are difficult to detect using conventional methods. According to previous research, camera traps have been used successfully in various conservation studies in Indonesia, including in tropical forest areas and

other nature reserves (Linkie et al., 2008); (Nugroho et al., 2013). The results of this study are expected to provide valuable information for nature reserve managers, researchers, and conservation institutions to plan more effective management and preservation strategies.

This study aims to monitor wildlife diversity in GCNR in Jepara Regency, Central Java using camera traps. The specific objectives of this study are as follows; (1) Identifying and documenting various wildlife species in the GCNR area. This includes mammals, birds, and other small animals that may be difficult to detect through conventional survey methods. (2) Understanding Wildlife Activity Patterns, in the form of daily activity patterns of detected wildlife, including active times, movement patterns, and interactions between species. This data can provide insight into wildlife adaptation to environmental conditions and factors that influence their behavior. (3) Identifying Rare and Threatened Species. This study is expected to record the presence of rare or endangered species in CAGC and evaluate potential threats that may affect their survival. (4) Providing the latest data for Management and Conservation. This study is expected to provide useful information for managers to design and implement more effective and data-based management and conservation strategies.

RESEARCH METHOD

Biodiversity monitoring activities through the use of camera traps use the method (1) collecting information including field orientation followed by camera installation. The installation of this camera was carried out starting on September 2, 2023 and harvested on November 16, 2023 or for 76 days. (2) Collection of literature related to wildlife and camera traps and (3) Field observations including identification of vegetation around the camera installation location.

The camera installation points in this study include 4 locations spread across GCNR. The location selection is based on the results of

information collection in the field where it is estimated that wild animals passing by will be easily found. The camera installation location can be seen in Figure 1. The camera is set to the date and recording mode. For the recording mode, video is used, which is then printed for analysis

purposes. The camera placement is arranged in such a way that it is possible to record wild animals passing by in the best position. The height of the camera to the ground or animal track in this study is between 40-50cm. After the position is correct, the camera is secured by installing a chain so that it is not easily stolen. At the time of camera installation, the position is recorded using GPS. Then observe the vegetation around the camera installation location.

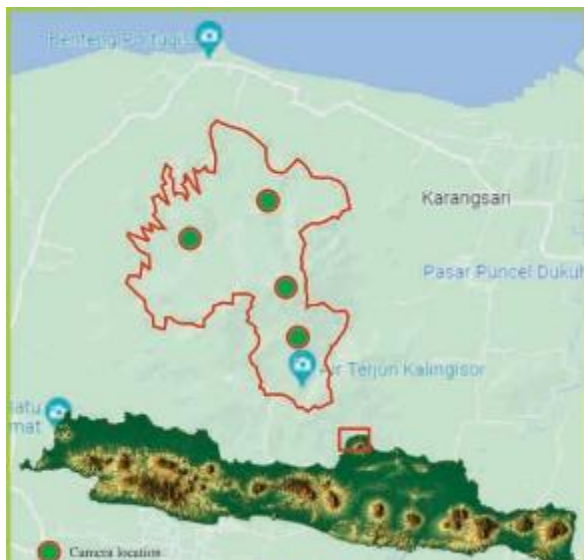


Figure 1 Camera location map

The encounter rate (ER) is calculated based on the total number of photos of a particular animal obtained, then divided by the number of days the photos were installed and multiplied by 100. This value of 100 is a time calibration for adjusting the effort to calculate the encounter rate (O'Brien et al., 2003). Briefly, it can be described as follows;

$$ER = \frac{\sum f}{\sum d} 100 \text{ where;}$$

ER = Wildlife encounter rate,

$\sum f$ = Number of wildlife photos obtained, and

$\sum d$ = Number of days of camera installation.

In addition to calculating encounters, the data obtained were also analyzed for diversity using the Shannon-Wiener diversity index (Odum, 1996) with the following formula:

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i) \text{ where } P_i = (n_i/N)$$

Where H' = Diversity index, P_i = Number of individuals of species i , and N = Total number of individuals of all species.

Meanwhile, the criteria for the Shannon-Wiener diversity index are:

$H' < 1$: Low diversity

$1 < H' < 3$: Medium diversity, and

$H' > 3$: High diversity

RESULTS AND DISCUSSION

1. Species Identification and Documentation



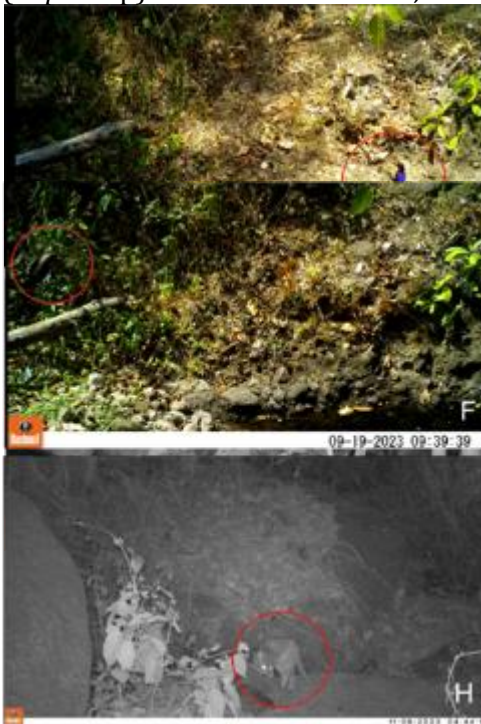
Figure 2. A. Partridge (*Gallus sp*) B. Black bittern (*Dupetor flavicollis*) C. Monitor lizard (*Varanus salvator*) D. Javan coucal (*Centropus nigrorufus*)

During this research period, the camera successfully identified and documented 868 videos with details of 173 wildlife video captures, 14 videos of human activities and 711 non-object videos. The 173 wildlife videos consisted of 14

types of wildlife consisting of 7 types of Aves (6

Figure 3. E Javan kingfisher (*Halcyon cyanoventris*) F. Asian pied starling (*Sturnus contra*) G. Frog (*Rana sp.*) H Leopard cat (*Prionailurus bengalensis*)

Orders, 6 Families), 5 types of mammals (5 orders, 5 families), 1 type of Reptile and 1 type of Amphibian (see table 1). The level of animal encounters showed that the highest were the Long-tailed Monkey (*Macaca fascicularis*) with a value of 125, the Javan Cheak (*Halcyon cyanoventris*) with a value of 23.68, the Squirrel (*Tupaia sp*) with a value of 19.74, the Turtledove



Geopelia striata) with a value of 17.11, the Javan Bubut (*Centropus nigrorufus*) with 11.84 and the smallest is the Monitor Lizard (*Varanus salvator*) with an encounter rate of 3.95 (see table 2 for more details). These identification results indicate high biodiversity in the CAGC area. This finding is consistent with findings from previous studies that showed the effectiveness of camera traps in documenting various species, including rare species (Linkie et al., 2008). Camera traps have proven to be an effective tool for wildlife surveys that are difficult to detect through direct encounter methods.

(Nugroho et al., 2013) stated that the use of camera traps can be used to monitor small mammals in tropical forests, including in Halimun Salak Mountain National Park. The results of the study showed that camera traps are effective in detecting various species of small mammals, such as civets and jungle cats, which are often missed by direct observation methods. Camera traps are able to provide data on the frequency of occurrence and activity patterns of these species, as well as documenting species that are rarely seen. (Tobler et al., 2008) compared the effectiveness of various camera trap models in the inventory of large mammals in Madidi National Park, Bolivia. The findings showed that camera traps can detect more species of large mammals, such as jaguars and tapirs, compared to conventional survey methods.

Table 1. Wildlife that were successfully caught on camera traps at GCNR

No.	Kelas	Ordo	Famili	Nama lokal	Nama species	Jumlah video
1	Aves	Galiformes	Phasianidae	Green peafowl	<i>Pavo muticus</i>	8
2		Galiformes	Phasianidae	Partridge	<i>Galus sp.</i>	1
3		Columbiformes	Columbidae	Turtledove	<i>Geopelia striata</i>	13
4		Coraaciiformes	Halcyonidae	Javan Kingfisher	<i>Halcyon cyanoventris</i>	18
5		Pelecaniformes	Ardeidae	Black bittern	<i>Dupetor flavicollis</i>	3
6		Cuculiformes	Cuculidae	Javan coucal	<i>Centropus nigrorufus</i>	9
7		Passeriformes	Sturnidae	Asian pied starling	<i>Sturnus contra</i>	2
8	Mamalia	Rodentia	Muridae	Mouse	<i>Rattus sp</i>	1
9		Scandentia	Tupaia	Squirrel	<i>Tupaia sp.</i>	15
10		Carnivora	Felidae	Leopard cat	<i>Prionailurus bengalensis</i>	2
11		Carnivora	Viveridae	Civet	<i>Paradoxurus hermaphroditus</i>	2
12		Cercopithecoidea	Cercopithecidae	Long tailed macaque	<i>Macaca fascicularis</i>	95
13	Reptil	Squamata	Varanidae	Monitor lizard	<i>Varanus salvator</i>	2
14	Amfibi	Anura	Ranidae	Frog	<i>Rana sp.</i>	1



Figure 4. I. Long tailed macaque (*Macaca fascicularis*) J. Green peafowl (*Pavo muticus*) K. Civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) L. Turtle dove (*Geopelia striata*)

In addition, (Linkie et al., 2008) stated that the use of camera traps to monitor large mammals in tropical forests, especially in the Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra. Camera traps showed high ability in detecting large species that are difficult to observe directly, such as Sumatran tigers and Asian elephants. This study reported that camera traps can identify up to 15 species of large mammals, which were previously undetected by conventional survey methods. Camera traps are also effective in providing data on activity patterns and species distribution. (Rovero & Zimmerman, 2010) stated that the use of camera traps for wildlife monitoring in nature reserves showed that camera traps can detect the presence of up to 60 different species, including

several rare and endemic species. Camera traps also provide valuable information on animal behavior patterns, such as daily and seasonal



Figure 5. M. Mouse (*Rattus sp*) N. Squirrel (*Tupaia sp.*)

movement patterns, and interactions between species. This study emphasizes the importance of camera traps in providing more complete and accurate data compared to traditional survey methods.

2. Wildlife diversity

Based on the wildlife photo data obtained, the diversity index value can be calculated. The Shannon Wiener diversity index for wildlife in GCNR shows a value of 1.48. This value indicates that the diversity is included in the moderate

Table 2. Wildlife encounter rates captured by camera traps at GCNR

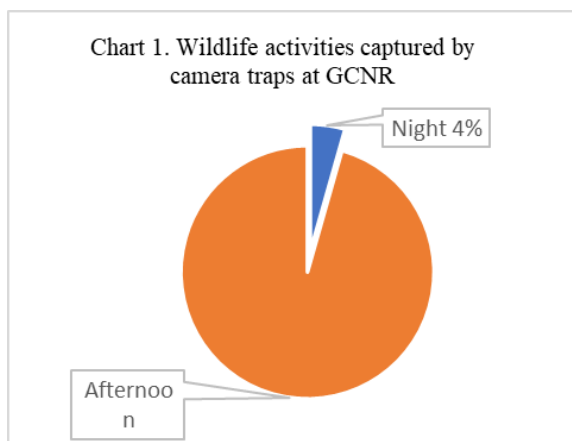
No.	Local Name	Scientific Name	ER
1	Long tailed macaque	<i>Macaca fascicularis</i>	125
2	Javan kingfisher	<i>Halcyon cyanoventris</i>	23,68
3	Squirrel	<i>Tupaia sp.</i>	19,74
4	Turtle dove	<i>Geopelia striata</i>	17,11
5	Javan coucal	<i>Centropus nigrorufus</i>	11,84
6	Green peafowl	<i>Pavo muticus</i>	10,53
7	Black bittern	<i>Dupetor flavicollis</i>	3,95
8	Monitor lizard	<i>Varanus salvator</i>	2,63
9	Asian pied starling	<i>Sturnus contra</i>	2,63
10	Leopard cat	<i>Prionailurus bengalensis</i>	2,63

11	Civet	<i>Paradoxurus hermaproditus</i>	2,63
12	Partridge	<i>Galus sp.</i>	1,32
13	Frog	<i>Rana sp.</i>	1,32
14	Mouse	<i>Rattus sp</i>	1,32

category. A moderate diversity index according to (Rynkiewicz et al., 2015) indicates that a wildlife community is in a healthy and stable condition because it is not vulnerable to external disturbances or environmental changes. Meanwhile, according to (Guo et al., 2017), the diversity value of an area can be used to develop priority planning for an area. This is in line with what was conveyed (Ahumada et al., 2011) that the resulting data can indicate the abundance and diversity of a species whose value can be used as a reference for area management.

3. Wildlife Activity Patterns

Data analysis shows the pattern of wildlife activity captured by camera traps shows that 7 videos or 4% of the videos were successfully



documented at night. The seven videos came from frogs (2 videos), civets (2 videos), cats (2 videos) and mice (1 video). The rest or 96%, namely 166 videos were captured by camera traps during the

day. These animals are long-tailed monkeys (95 videos), green peafowl (8 videos), squirrels (15 videos), turtle doves (13 videos), starlings (2 videos), Javan kingfishers (18 videos), Javan coots. (9 videos), monitor lizards (2 videos), black storks (3 videos) and jungle fowl (1 video), (see diagram 1). This finding is in accordance with the results of research by (Nugroho et al., 2013), which shows that camera traps can provide detailed data on wildlife activity patterns, which are important for understanding species adaptation to their environment (Nugroho et al., 2013). This activity pattern data is useful for conservation planning that considers the time and behavior of species in protection efforts. According to (Mardiastuti, 2019) Animal behavior is influenced by changes in land cover which can ultimately lead to wildlife conflicts. Findings of human activity in the CAGC need to be watched out for. In addition to being suspected of causing changes in land cover, according to (Lewis et al., 2021) human activity can encourage increased nocturnal wildlife activity on routes where there is increased daily human activity.

(Mardiastuti, 2019) explains that animal activity patterns refer to the repetitive behavior and movements shown by animals in their natural habitat. Wild animals can adapt to changes in the situation and conditions of their habitat. However, (Herraiz et al., 2024) stated that the use of camera traps can help in estimating spatial patterns of habitat use with different levels of suitability depending on species and scale.

4. Ecosystem Health

From the data obtained, it can be seen that most of the habitats in CAGC support wildlife well. However, there are indications of threats of habitat destruction due to human activities. Human activities in CAGC can be suspected of

Table 3 . Conservation status of wildlife species caught on camera traps at GCNR

No.	Local Name	Scientific Name	P.106 Status	IUCN Status	Cites Status
1	Green peafowl	<i>Pavo muticus</i>	P	EN	II
2	Partridge	<i>Galus sp.</i>	NP	LC	
3	Turtle dove	<i>Geopelia striata</i>	NP	LC	
4	Javan kingfisher	<i>Halcyon cyanoventris</i>	NP	LC	
5	Black bittern	<i>Dupetor flavicollis</i>	NP	LC	
6	Javan coucal	<i>Centropus nigrorufus</i>	P	VU	
7	Asian pied starling	<i>Sturnus contra</i>	NP	LC	
8	Mouse	<i>Rattus sp</i>	NP		
9	Squirrel	<i>Tupaia sp.</i>	NP	LC	
10	Leopard cat	<i>Prionailurus bengalensis</i>	P	LC	I
11	Civet	<i>Paradoxurus hermaproditus</i>	NP	LC	
12	Long tailed macaque	<i>Macaca fascicularis</i>	NP	EN	II
13	Monitor lizard	<i>Varanus salvator</i>	NP	LC	II
14	frog	<i>Rana sp.</i>	NP		

having an impact on the decline in vegetation quality due to forest encroachment. These results support the findings in a study by (Rovero & Zimmerman, 2010), which stated that camera traps can help identify potential threats to habitat and threatened species. These findings indicate the need for more focused conservation actions to address threats to habitat and ensure ecosystem sustainability. The presence of wildlife captured by camera traps indicates that the ecological function of CAGC in supporting wildlife is running well. Healthy forest is a forest that supports ecological, social and cultural functions. According to (Ahumada et al., 2011) the presence of wild animals, especially land mammals, is key to tropical forest communities which can be used as an indicator of ecosystem health and as a provider of important ecosystem services.

These findings mainly include 3 types of protected species based on Permenlhk 106/2018, 2 specieses with endangered status and 1 species with vulnerable status based on IUCN as well as 3 specieses of animals in the Appendix II category and 1 species included in the CITES Appendix I category (see table 2). This research succeeded in identifying the existence of several rare and threatened species. These data underscore the importance of the GCNR as critical habitat for endangered species. These findings are in line with the study by (Tobler et al., 2008), who showed that camera traps are very effective in detecting rare and endangered species that are often difficult to monitor with other methods. That is in line with (Santoso & Restanto, 2021) that stated that the installation of camera traps in the Nusakambangan Timur Nature Reserve succeeded in documenting protected Javan

Tabel 4. Plant species found at camera trap observation stations at GCNR

No	Species		Station			
	Family	Local Name	Scientific Name	1	2	3 4
1	Anacardiaceae	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	2	1	2
2	Apocynaceae	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>			1
3	Arecaceae	Palem gebang	<i>Corypha utan</i>	1		
4	Euphorbiaceae	Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>		2	
5	Fabaceae	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>			4
6	Fabaceae	Weru	<i>Albizia procera</i>	2	4	2 3
7	Fabaceae	Trembesi	<i>Samanea saman</i>			1 2
8	Flagelariaceae	Rotan wowo	<i>Flagellaria indica</i>	1		1
9	Lamiaceae	Jati	<i>Tectona grandis</i>		3	4 6
10	Malvaceae	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>	4	3	2 4
11	Meliaceae	Mindi	<i>Melia azedarach L</i>	2		1
12	Moraceae	Jrakah	<i>Ficus altissima</i>	1	3	
13	Moraceae	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>		2	1
14	Moraceae	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>			1
15	Moraceae	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	3	2	
16	Moraceae	Awar-awar	<i>Ficus septica</i>		2	1 2
17	Moraceae	Rampelas	<i>Ficus ampelas</i>			1
18	Moraceae	Bendo	<i>Artocarpus elasticus</i>	1	1	
19	Musaceae	Pisang	<i>Musa sp</i>			4
20	Myricaceae	Wuru	<i>Myrica javanica</i>			1
21	Myrtaceae	salam	<i>Syzigium polyanthum</i>		4	
22	Myrtaceae	Jambu klampok	<i>Syzygium densiflora</i>		1	
23	Phyllanthaceae	Tampal besi	<i>Phyllanthus reticulatus</i>	1	1	1
24	Salicaceae	Glingsem	<i>Homalium tomentosum</i>		1	
25	Sapindaceae	Kesambi	<i>Schleichera oleosa</i>	2		

5. Rare and Threatened Species

leopards. Documentation of these rare species can be used to develop priority scales in CAGC

management planning. The urgent need for more intensive management and protection and management efforts can be determined accurately.

6. Effectiveness of Camera Traps

Camera traps have proven to be a very effective tool in monitoring wildlife diversity in GCNR. This method allows for the collection of accurate and detailed data on species presence and activity patterns without disturbing the natural habitat. Over a period of 76 days, camera traps were able to document wildlife and other activities passing through the observation area. These results are in line with the findings of (Eklund et al., 2014), which showed that camera traps are an efficient survey method and can be used to evaluate ecosystem health. This study strengthens the argument that this technology is a valuable tool for management and conservation. (Blount et al., 2021) stated that the use of camera traps is very effective for observing wildlife because of the long battery life and the ability to continuously record the presence of wildlife in nature.

7. Environmental tone

The environmental hue around the camera trap installation location is quite shady tending to be shady. The results of plant species identification show that there are 25 tree species from 16 families. Of the 16 families found the most in order are Moraceae (7 species), Fabaceae (3 species), Myrtaceae (2 species) and 1 species each, namely Anacardiaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Euphobiaceae, Flagelariaceae, Malvaceae, Meliaceae, Myricaceae, Phyllanthaceae, Salicaceae and Sapindaceae (see table 4). The 25 plant species are Randu (*Ceiba pentandra*) and Weru (*Albizia procera*) found at all observation stations. Meanwhile, Mango (*Mangifera indica*), Teak (*Tectona grandis*) and Awar-awar (*Ficus septica*) were found at 3 of the 4 observation stations (see table 4).

Field observations show that some of these plants are bearing fruit, including Mango (*Mangifera indica*), Weru (*Albizia procera*), Randu (*Ceiba pentandra*), Beringin (*Ficus indica*) and Awar-awar (*Ficus septica*). The presence of these fruiting trees is the reason for the presence of wild animals coming around the camera trap location. This is in accordance with the opinion of (Safei et al., 2021) that the diversity of plant types in a forest will support the presence of wild animals in that habitat.

CONCLUSIONS

Throughout the observation, 868 videos have been obtained with details of 173 wildlife video captures, 14 human activity videos and 711 non-object videos. The 173 wildlife videos consist of 14 types of wildlife consisting of 7 Aves (6 Orders, 6 Families), 5 Mammals (5 orders, 7 families), 1 Reptile and 1 Amphibian. From 173 videos, 7 videos were obtained from 4 species that are active at night. The rest, or 166 videos, were successfully documented during the day. The wildlife that documented at night are Frogs, Civets, Jungle Cats and Rats. There are 3 protected species based on Regulation of the Minister of Forestry and Environment No. 106/2018, 2 species with endangered status and 1 species with vulnerable status based on IUCN as well as 3 species with Appendix II category and 1 species included in Appendix I on CITES category.

ACKNOWLEDGMENT

Thanks to the Central Java Nature Resource and Conservation Agency (BKSDA Jateng) for providing the opportunity to conduct wildlife exploration at GCNR. Also to colleagues and all partners of the Forest Ranger Community within the Pati Barat Forest Conservation Management Unit.

REFERENCES

- Ahumada, J. A., Silva, C. E. F., Gajapersad, K., Hallam, C., Hurtado, J., Martin, E., McWilliam, A., Mugerwa, B., O'Brien, T., Rovero, F., Sheil, D., Spironello, W. R., Winarni, N., & Andelman, S. J. (2011). Community structure and diversity of tropical forest mammals: Data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2703–2711. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2011.0115>
- BKSDA Jateng. (2023). *Statistik BKSDA Jateng 2022*. BKSDA Jateng.
- Blount, J. D., Chynoweth, M. W., Green, A. M., & Şekercioğlu, Ç. H. (2021). Review: COVID-19 highlights the importance of camera traps for wildlife conservation research and management. *Biological Conservation*, 256, 108984. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.108984>
- Eklund, A., Jansson, J., & Ball, J. (2014). Camera trap surveys for wildlife management and

- conservation. *Ecological Indicators*, 37, 193–201.
- Guo, Z., Xing, S., & Cui, G. (2017). A method for assessing species diversity conservation value of nature reserves. *Biodiversity Science*, 25(3), 312–324. <https://doi.org/10.17520/biods.2016350>
- Herraiz, C., Ferrer-Ferrando, D., Vicente, J., & Acevedo, P. (2024). Camera trapping and telemetry for detecting and quantifying animal interactions: Not anything goes. *Ecological Indicators*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111877>
- Lewis, J. S., Spaulding, S., Swanson, H., Keeley, W., Gramza, A. R., VandeWoude, S., & Crooks, K. R. (2021). Human activity influences wildlife populations and activity patterns: implications for spatial and temporal refuges. *Ecosphere*, 12(5). <https://doi.org/10.1002/ecs2.3487>
- Linkie, M., Dillon, A., & Hearn, A. (2008). Assessing the use of camera traps for monitoring large mammals in tropical forest environments. *Biological Conservation*, 141(3), 1032–1040.
- Mardiastuti, A. (2019). *Ekologi Satwa Pada Lanskap yang Didominasi Manusia*. <https://www.researchgate.net/publication/330505893>
- Nugroho, B., Kusworo, A., & Setiawan, H. (2013). Application of camera traps for monitoring wildlife in tropical forests. *Journal of Wildlife Management*, 77(2), 390–398.
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching Tigers, Hidden Prey: Sumatran Tiger and Prey Population in a Tropical Forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2), 131–139. <https://doi.org/S1367943003003172>
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & K. Ullas, K. (2011). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer.
- Odum, E. P. (1996). *Dasar – Dasar Ekologi*. Gadjah Mada University Press.
- Rovero, F., & Zimmerman, F. (2010). *Camera trapping for wildlife research and conservation*. Cambridge University Press.
- Safei, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A., & Haikal, F. F. (2021). Keanekaragaman Jenis Pohon Sebagai Salah Satu Indikator Kesehatan Hutan Lindung (Studi Kasus di Kawasan Hutan Lindung yang Dikelola oleh HKm Beringin Jaya). *Jurnal Belantara*, 4(1), 89–97. <https://doi.org/10.29303/jbl.v4i1.601>
- Santoso, B., & Restanto, W. (2021). Monitoring Macan Tutul Jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) dengan Kamera Trap di Cagar Alam Nusakambangan Timur Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.21580/ah.v4i1.7923>
- Tobler, M. W., Carrillo-Perceguet, S. E., Leite Pitman, R., Mares, R., & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3), 169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Trolliet, F., Huynen, M.-C., Vermeulen, C., & Hambuckers, A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies. A review. In *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* (Vol. 18, Issue 3). <https://www.researchgate.net/publication/266381944>
- Zwerts, J. A., Stephenson, P. J., Maisels, F., Rowcliffe, M., Astaras, C., Jansen, P. A., van der Waarde, J., Sterck, L. E. H. M., Verweij, P. A., Bruce, T., Brittain, S., & van Kuijk, M. (2021). Methods for wildlife monitoring in tropical forests: Comparing human observations, camera traps, and passive acoustic sensors. In *Conservation Science and Practice* (Vol. 3, Issue 12). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/csp2.568>



Integrasi Pendidikan Lingkungan dalam Upaya Pelestarian Kawasan Perlindungan Alam di Kota Salatiga

Purnomo Adi Saputro¹, Elsa Nur Aida²

¹ Geografi, Universitas Negeri Semarang

² Geografi, Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Article History

Juni

Kata Kunci :

Kawasan Perlindungan Alam, Kota Salatiga, Pengendalian Pemanfaatan Lahan, Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), Urbanisasi

Abstrak

Urbanisasi yang pesat di Kota Salatiga memicu tekanan terhadap kawasan perlindungan alam yang ditandai dengan alih fungsi lahan menjadi permukiman dan kawasan komersial. Ketidaksesuaian pemanfaatan lahan dengan peruntukan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) mencapai 20% dari total luas kawasan perlindungan alam menunjukkan lemahnya pengendalian tata ruang dan kesadaran masyarakat. Penelitian ini menganalisis peran pendidikan tata ruang dalam meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap pengendalian pemanfaatan lahan di Kota Salatiga berdasarkan implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Ketidaksesuaian pemanfaatan lahan sebesar 20% dari total luas kawasan perlindungan alam terutama akibat alih fungsi lahan menjadi permukiman dan komersial. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan analisis overlay, SWOT kuantitatif, dan time series 2018–2023. Data spasial yang dioverlay meliputi peta penggunaan lahan aktual dari citra satelit dan hasil observasi lapangan, serta peta peruntukan lahan dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga tahun 2023–2043. Data dikumpulkan melalui kuesioner kepada 100 pegawai instansi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya kesadaran masyarakat dan lemahnya penegakan hukum menjadi hambatan utama dalam implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Akan tetapi, terdapat integrasi yang baik antara edukasi tata ruang dan peningkatan kepatuhan masyarakat terhadap peraturan pemanfaatan lahan dari wilayah dengan tingkat sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang lebih tinggi memiliki tingkat ketidaksesuaian lahan yang lebih rendah. Oleh karena itu, diperlukan integrasi pendidikan tata ruang melalui kolaborasi antara pemerintah, institusi pendidikan, dan komunitas lokal untuk meningkatkan efektivitas pengendalian pemanfaatan lahan dan menjaga keberlanjutan kawasan perlindungan alam di Kota Salatiga.

Abstract

Rapid urbanization in Salatiga City has intensified pressure on nature protection areas, as indicated by land conversion into residential and commercial zones. A land use mismatch of 20% from the total area of protected zones reflects weak spatial planning control and low public awareness. This study analyzes the role of spatial education in enhancing public understanding of land use control in Salatiga City, based on the implementation of the Regional Spatial Plan (RTRW). The mismatch—primarily caused by the conversion of land into settlements and commercial areas—is quantified at 20% of the total protected land. The research employs a quantitative approach, utilizing overlay analysis, quantitative SWOT analysis, and time series data from 2018 to 2023. The spatial data overlay includes actual land use maps derived from satellite imagery and field observations, compared with land use allocation maps based on the RTRW of Salatiga City (2023–2043). Primary data were collected through questionnaires distributed to 100 government officials from related agencies. The results indicate that low public awareness and weak law enforcement are the primary obstacles to effective RTRW implementation. However, there is a positive correlation between spatial education and community compliance, as areas with higher levels of RTRW socialization show lower levels of land use mismatch. Therefore, integrating spatial education through collaboration among the government, educational institutions, and local communities is essential to improve land use control and ensure the sustainability of protected areas in Salatiga City.

*E-mail:

adi.purnomo@mail.unnes.ac.id

©2025 Published by UNNES. This is an open access

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

PENDAHULUAN

Kota Salatiga merupakan wilayah dengan pertumbuhan urbanisasi yang pesat ditandai dengan peningkatan permukiman, fasilitas komersial, serta infrastruktur pendukung yang semakin berkembang (Firman, 2020). Namun, laju pembangunan yang tinggi tidak selalu berjalan seiring dengan pengelolaan ruang yang berkelanjutan. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), Kota Salatiga memiliki kawasan perlindungan alam yang berfungsi sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH), daerah resapan air, dan habitat alami yang perlu dijaga keberlanjutannya (Sari, 2021). Akan tetapi, beberapa tahun terakhir terjadi peningkatan konversi lahan yang tidak sesuai dengan peruntukan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terutama di Kecamatan Sidorejo dan Sidomukti. Ketidaksesuaian pemanfaatan lahan sebesar 20% kawasan perlindungan alam beralih fungsi menjadi lahan permukiman dan komersial sehingga berpotensi menimbulkan dampak ekologis dan sosial yang signifikan.

Ketidaksesuaian pemanfaatan lahan di Kota Salatiga dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yaitu urbanisasi yang semakin meningkat mendorong tingginya kebutuhan akan lahan untuk permukiman dan kegiatan ekonomi, sehingga terjadi tekanan terhadap wilayah yang seharusnya dipertahankan sebagai area konservasi. Lemahnya penegakan hukum dalam implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) menyebabkan pelanggaran tata ruang yang sulit dikendalikan terutama dalam pembangunan yang tidak sesuai dengan perizinan atau tidak memiliki analisis dampak lingkungan yang memadai. Rendahnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya kawasan perlindungan alam berkontribusi terhadap meningkatnya konversi lahan yang tidak sesuai. Banyak masyarakat yang menganggap bahwa ruang terbuka hijau sebagai lahan kosong yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pribadi atau investasi tanpa mempertimbangkan dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem (Bappeda Kota Salatiga, 2023).

Laporan dari Bappeda Kota Salatiga (2023) mencatat pendidikan tata ruang menjadi salah satu solusi strategis dalam mengatasi

permasalahan ketidaksesuaian pemanfaatan lahan. Melalui pendekatan edukatif, masyarakat dapat memahami pentingnya menjaga keseimbangan antara pembangunan dan konservasi lingkungan. Pendidikan tata ruang tidak hanya pada sosialisasi regulasi oleh pemerintah, tetapi juga dapat diterapkan melalui institusi pendidikan formal maupun program berbasis komunitas yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat edukasi tata ruang yang lebih baik memiliki tingkat kepatuhan yang lebih tinggi terhadap aturan pemanfaatan lahan. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman masyarakat terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) memiliki integrasi erat dengan efektivitas implementasi kebijakan tata ruang di Kota Salatiga.

Upaya edukasi telah dilakukan di Kota Salatiga seperti sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) serta program lingkungan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Namun, program tersebut masih terbatas dan belum sepenuhnya menjangkau masyarakat luas terutama kelompok yang terdampak langsung oleh perubahan tata guna lahan. Oleh karena itu, integrasi pendidikan tata ruang dalam kebijakan pengelolaan wilayah menjadi langkah penting dalam meningkatkan efektivitas pengendalian pemanfaatan lahan. Pendekatan ini tidak hanya dapat meningkatkan kepatuhan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), tetapi juga membangun kesadaran kolektif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan di Kota Salatiga.

Penelitian ini berupaya menganalisis pentingnya peran pendidikan tata ruang dalam meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap pengendalian pemanfaatan lahan di Kota Salatiga. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi efektivitas edukasi tata ruang dalam membentuk kepatuhan masyarakat terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) serta mengidentifikasi strategi optimal dalam mengintegrasikan pendidikan tata ruang untuk menjaga keberlanjutan kawasan perlindungan alam. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penguatan kebijakan tata ruang yang lebih berbasis edukasi dan partisipasi masyarakat.

METODE PENELITIAN

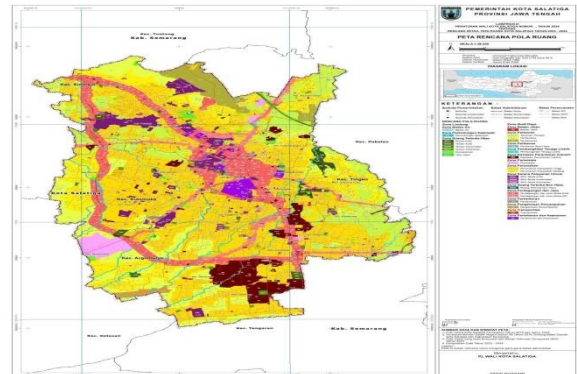
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan desain penelitian deskriptif. Penelitian ini dilaksanakan di Kota Salatiga, pada tanggal 11 Nopember 2024 – 10 Januari 2025. Populasi dalam penelitian ini adalah pegawai instansi pemerintah terkait tata ruang, seperti Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) yang memiliki tugas dalam implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan pengendalian pemanfaatan lahan. Sampel diambil menggunakan teknik *purposive sampling* dengan jumlah responden sebanyak 100 pegawai. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara dengan pemangku kebijakan, studi dokumentasi kebijakan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), serta kuesioner. Teknik analisis yang digunakan adalah sebagai berikut.

Analisis Data Tingkat Kesesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Penelitian ini menggunakan analisis overlay berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknik overlay dilakukan dengan membandingkan peta penggunaan lahan aktual dengan peta peruntukan lahan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga untuk menganalisis wilayah yang mengalami ketidaksesuaian pemanfaatan lahan. Data penggunaan lahan diperoleh dari citra satelit serta dokumentasi spasial dari instansi terkait yaitu Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Proses overlay (Peta penggunaan lahan aktual dari citra satelit dan hasil observasi lapangan, serta peta peruntukan lahan dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga tahun 2023–2043) dilakukan dengan memetakan perubahan lahan dari tahun 2018–2023 untuk menganalisis perubahan alih fungsi lahan serta mengidentifikasi daerah dengan pelanggaran Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang signifikan. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan menghitung luas wilayah yang tidak sesuai dengan peruntukannya dan

diklasifikasikan berdasarkan tingkat ketidaksesuaian (Rendah, sedang, dan tinggi).

Gambar 1: Peta Rencana Pola Ruang Kota Salatiga
Sumber: Dokumen RDTR Kota Salatiga Tahun 2024



Rumus luas wilayah dan persentase ketidaksesuaian pemanfaatan lahan adalah sebagai berikut.

$$Lk = \sum (A_i)$$

Keterangan:

Lk = Total luas wilayah ketidaksesuaian (Hektar atau km^2)

A_i = Luas setiap poligon hasil overlay antara peta penggunaan lahan aktual dan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Untuk mengetahui persentase ketidaksesuaian terhadap total kawasan perlindungan alam, digunakan rumus sebagai berikut.

$$Pk = \{(Lk/Lt)100\%$$

Keterangan:

Pk = Persentase ketidaksesuaian pemanfaatan lahan

Lk = Luas wilayah ketidaksesuaian (km^2 atau hektar)

Lt = Total luas kawasan perlindungan alam (km^2 atau hektar)

Klasifikasi tingkat ketidaksesuaian pemanfaatan lahan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di Kota Salatiga berdasarkan luas wilayah yang terdampak adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Ketidaksesuaian Pemanfaatan Lahan

Kategori	Persentase Ketidaksesuaian	Kriteria
Rendah	$P_k \leq 10\%$	Wilayah dengan ketidaksesuaian lahan kecil dan masih dalam batas toleransi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)
Sedang	$10\% < P_k \leq 25\%$	Wilayah dengan ketidaksesuaian lahan cukup signifikan, perlu pengawasan dan evaluasi lebih lanjut
Tinggi	$P_k > 25\%$	Wilayah dengan ketidaksesuaian lahan besar, berisiko tinggi terhadap degradasi lingkungan dan memerlukan tindakan korektif segera

Sumber: Sitorus (2004)

Hasil overlay kemudian dianalisis untuk melihat distribusi ketidaksesuaian lahan serta faktor-faktor yang mendorong perubahan alih fungsi lahan. Hasil dari analisis ini menjadi dasar dalam perumusan kebijakan pengendalian pemanfaatan lahan serta penguatan implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) melalui integrasi berbasis pendidikan tata ruang dan peningkatan kesadaran masyarakat.

Analisis Data Peran Pendidikan Lingkungan dalam Upaya Pelestarian Kawasan Perlindungan Alam di Kota Salatiga

Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif melalui kuesioner yang diukur dengan skala Likert. Kuesioner diberikan kepada responden dari instansi pemerintah yaitu Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH), akademisi, serta komunitas lingkungan untuk mengukur tingkat pemahaman, sikap, dan

kepatuhan masyarakat terhadap aturan tata ruang. Kriteria skala Likert adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Kriteria Skala Likert

Kategori	Skor Likert	Interpretasi
Sangat Setuju (SS)	5	Responden memiliki tingkat pemahaman dan kepatuhan yang sangat tinggi terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan pendidikan tata ruang
Setuju (S)	4	Responden memahami dan mendukung pendidikan tata ruang, meskipun belum sepenuhnya diterapkan dalam tindakan
Netral (N)	3	Responden memiliki pemahaman yang cukup, tetapi belum menunjukkan kepedulian tinggi terhadap kebijakan tata ruang
Tidak Setuju (TS)	2	Responden kurang memahami atau kurang mendukung peran pendidikan tata ruang dalam pengendalian pemanfaatan lahan
Sangat Tidak Setuju (STS)	1	Responden kurang memahami atau kurang mendukung peran pendidikan tata ruang dalam pengendalian pemanfaatan lahan

Sumber: Likert, R. (1932)

Hasil dari kuesioner dianalisis untuk menentukan sejauh mana edukasi tata ruang berkontribusi terhadap peningkatan kesadaran masyarakat. Selain itu, dilakukan uji korelasi untuk menganalisis hubungan antara tingkat sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dengan tingkat kepatuhan masyarakat terhadap pemanfaatan lahan yang sesuai dengan peruntukannya.

Analisis Data Integrasi Pendidikan Lingkungan dalam Kebijakan Tata Ruang Kota Salatiga

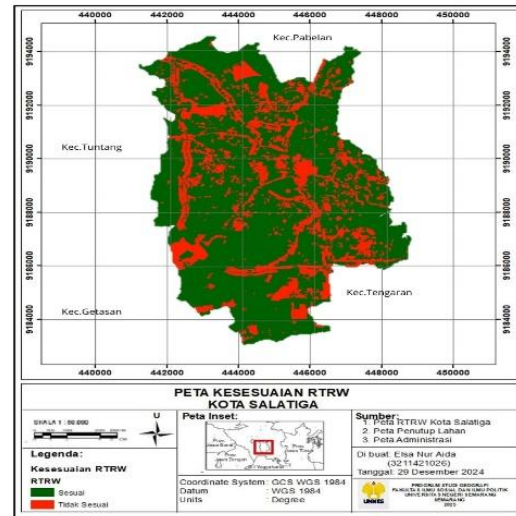
Penelitian ini menggunakan metode analisis SWOT kuantitatif. Faktor internal (Kekuatan dan kelemahan) serta faktor eksternal (Peluang dan ancaman) yang terkait dengan edukasi tata ruang dikategorikan dalam matriks SWOT, kemudian diberikan bobot skor menggunakan metode IFAS-EFAS (*Internal Factor Analysis Summary* dan *External Factor Analysis Summary*). Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan strategi yang paling efektif dalam mengintegrasikan pendidikan tata ruang ke dalam kebijakan pengendalian pemanfaatan lahan. Dengan pendekatan SWOT kuantitatif, penelitian dapat memberikan rekomendasi berbasis data bagi pemerintah dalam meningkatkan efektivitas implementasi RTRW melalui pendekatan edukatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menjaga keberlanjutan kawasan perlindungan alam dan mengurangi dampak negatif akibat perubahan penggunaan lahan, langkah penting yang perlu dilakukan adalah mengintegrasikan pendidikan lingkungan dalam upaya pengelolaan tata ruang yang berkelanjutan di Kota Salatiga. Pendidikan lingkungan berperan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem terutama dalam mengurangi ketidaksesuaian pemanfaatan lahan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Melalui pendekatan edukatif, masyarakat dan pemangku kepentingan lebih memahami fungsi ekologis kawasan perlindungan alam seperti perannya dalam pengendalian banjir, mitigasi bencana, serta menjaga kualitas lingkungan. Dengan adanya integrasi pendidikan lingkungan, diharapkan solusi yang lebih efektif dalam mendorong kepatuhan terhadap kebijakan tata ruang dan memperkuat peran kawasan perlindungan alam sebagai penyangga lingkungan yang berkelanjutan di Kota Salatiga. Tingkat Kesesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Berdasarkan hasil analisis overlay menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) bahwa terdapat ketidaksesuaian pemanfaatan lahan sebesar 20% antara kondisi aktual dengan peruntukan dalam

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga. Berikut peta kesesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) adalah sebagai berikut.



Gambar 1: Peta Kesesuaian RTRW Kota Salatiga
Sumber: Analisis Penulis (2024)

Ketidaksesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terjadi di kawasan perlindungan alam yang seharusnya dipertahankan sebagai ruang hijau dan area konservasi, tetapi dalam implementasinya telah mengalami alih fungsi menjadi permukiman dan komersial. Kesesuaian pemanfaatan lahan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), beberapa wilayah di Kota Salatiga menunjukkan kepatuhan terhadap rencana tata ruang. Kawasan-kawasan dengan zonasi ketat, seperti daerah sekitar sumber air dan kawasan hutan lindung di bagian selatan kota masih mempertahankan fungsi ekologisnya sesuai dengan yang direncanakan. Akan tetapi, di luar zona tersebut implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) masih menghadapi berbagai kendala. Misalnya, beberapa kawasan permukiman yang berkembang pesat tidak sesuai dengan peruntukan lahan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Faktor utama yang menyebabkan hal ini adalah pertumbuhan kebutuhan permukiman, lemahnya pengawasan terhadap tata ruang, serta tekanan ekonomi yang tinggi terhadap lahan yang tersedia. Berikut tabel kesesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Kesesuaian RTRW Kota Salatiga

Kecamatan	Luas Sesuai (km ²)	Luas Tidak Sesuai (km ²)	Total Wilayah (km ²)	Persentase Tidak Sesuai (%)	Tingkat Ketidaksesuaian
Argomulyo	14,600	3,540	18,14	19,51	Sedang
Tingkir	9,700	0,730	10,43	6,99	Rendah
Sidomukti	8,500	2,300	10,80	21,30	Sedang
Sidorejo	11,184	4,426	15,61	28,35	Tinggi
Total	43,984	10,996	54,98	20,00	Sedang

Sumber: Analisis Penulis (2024)

Wilayah yang memiliki ketidaksesuaian tertinggi di Kecamatan Sidorejo yang merupakan daerah dengan pertumbuhan permukiman yang cepat. Tekanan urbanisasi yang meningkat di wilayah tersebut dipicu oleh beberapa faktor, seperti meningkatnya jumlah penduduk, berkembangnya sektor properti, serta kebutuhan infrastruktur dan fasilitas publik yang semakin mendesak. Fenomena alih fungsi lahan menunjukkan bahwa perencanaan tata ruang yang telah ditetapkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) belum sepenuhnya diimplementasikan secara efektif. Ketidaksesuaian disebabkan oleh beberapa faktor utama yaitu pertumbuhan urbanisasi yang pesat di Kota Salatiga menjadi pemicu utama konversi lahan dari fungsi lindung menjadi permukiman, lemahnya pengawasan terhadap pelanggaran tata ruang menyebabkan maraknya perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).

Pemerintah daerah belum memiliki mekanisme kontrol yang optimal dalam mengawasi alih fungsi lahan, sehingga banyak pembangunan yang melanggar regulasi tetap berlanjut tanpa sanksi yang tegas. Faktor ekonomi dan tekanan pasar properti juga menjadi penyebab utama ketidaksesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Investor dan pengembang properti cenderung mencari lahan dengan harga murah untuk dikembangkan menjadi kawasan perumahan atau komersial termasuk di dalam kawasan

perlindungan alam yang memiliki regulasi tata ruang yang seharusnya ketat, sehingga terjadi pergeseran fungsi lahan secara tidak terencana. Kebutuhan akan infrastruktur dan transportasi turut mendorong perubahan tata guna lahan. Pembangunan jalan baru, pusat perbelanjaan, dan fasilitas umum lainnya menyebabkan berkurangnya kawasan perlindungan alam karena dianggap lebih strategis dan ekonomis bagi perkembangan kota.

Peran Pendidikan Lingkungan dalam Upaya Pelestarian Kawasan Perlindungan Alam di Kota Salatiga

Pendidikan lingkungan memiliki peran penting dalam meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya kawasan perlindungan alam terutama dalam pengendalian pemanfaatan lahan yang sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Pendidikan lingkungan tidak hanya berfokus pada aspek teoritis, tetapi juga mengedepankan pemahaman praktis mengenai dampak negatif alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Kota Salatiga memiliki kawasan yang seharusnya dipertahankan sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan daerah resapan air mengalami konversi menjadi permukiman dan komersial. Kondisi lapangan di Kecamatan Sidorejo dari pertanian menjadi permukiman adalah sebagai berikut.

Fenomena tersebut menunjukkan bahwa masyarakat belum sepenuhnya memahami fungsi ekologis kawasan perlindungan alam serta pentingnya mematuhi perencanaan tata ruang. Oleh karena itu, melalui edukasi yang sistematis dan berbasis tata ruang sehingga diharapkan masyarakat lebih sadar akan konsekuensi lingkungan dari aktivitas pembangunan yang tidak sesuai dengan peruntukannya.

Penerapan pendidikan lingkungan dalam tata ruang dilakukan melalui berbagai metode, baik di lingkungan akademik maupun dalam kehidupan masyarakat secara umum. Di lembaga pendidikan, seperti materi terkait pemanfaatan lahan yang berkelanjutan dan peraturan tata ruang dapat dimasukkan dalam kurikulum formal sehingga siswa dan mahasiswa dapat memahami peran dalam menjaga keseimbangan ekosistem sejak dini. Selain itu, program pendidikan nonformal seperti pelatihan, seminar, dan sosialisasi lingkungan juga dapat menjadi sarana

efektif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kawasan perlindungan alam. Di Kota Salatiga, beberapa komunitas lingkungan telah aktif dalam memberikan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) edukasi mengenai pentingnya menjaga keberlanjutan ekosistem meskipun lingkungannya masih terbatas. Jika pendidikan lingkungan dapat diintegrasikan secara lebih luas dalam berbagai sektor, maka kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan lahan yang berkelanjutan akan semakin meningkat.

Meskipun pendidikan lingkungan telah mulai diterapkan dalam beberapa program di Kota Salatiga, efektivitasnya masih menghadapi berbagai tantangan terutama dalam hal sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang belum merata di seluruh lapisan Masyarakat. Selama ini, sosialisasi mengenai tata ruang lebih banyak difokuskan kepada kalangan akademisi dan komunitas tertentu, sedangkan masyarakat umum terutama pemilik lahan dan pelaku usaha di sektor properti masih kurang terpapar informasi mengenai ketentuan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Akibatnya, banyak keputusan pemanfaatan lahan yang dilakukan tanpa mempertimbangkan kesesuaiannya dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan. Selain itu, edukasi yang dilakukan masih lebih bersifat informatif tanpa adanya pendekatan partisipatif yang mendorong keterlibatan langsung masyarakat dalam pengawasan dan pelestarian kawasan perlindungan alam. Jika pola edukasi yang diterapkan hanya bersifat satu arah tanpa adanya diskusi dan keterlibatan aktif dari masyarakat, maka dampaknya terhadap peningkatan kepatuhan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) akan tetap terbatas.

Untuk meningkatkan efektivitas pendidikan lingkungan dalam pengendalian pemanfaatan lahan, diperlukan integrasi antara pemerintah, institusi pendidikan, dan komunitas lokal dalam menyusun strategi edukasi yang lebih komprehensif dan berkelanjutan. Pemerintah Kota Salatiga perlu meningkatkan perannya dalam menyediakan platform edukasi yang tidak hanya bersifat sosialisasi regulasi, tetapi juga berorientasi pada perubahan perilaku masyarakat

dalam memanfaatkan lahan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah melalui integrasi pendidikan lingkungan ke dalam program-program pembangunan berkelanjutan yang melibatkan masyarakat sebagai aktor utama. Misalnya, melalui program pelatihan berbasis komunitas yang mengajarkan praktik pemanfaatan lahan yang selaras dengan prinsip konservasi, atau melalui sekolah hijau yang mengajarkan pentingnya kawasan perlindungan alam dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan adanya keterlibatan aktif dari berbagai pihak, maka kesadaran masyarakat terhadap tata ruang dan perlindungan ekosistem dapat meningkat secara signifikan.

Pendekatan berbasis teknologi juga dapat menjadi solusi dalam memperkuat efektivitas pendidikan lingkungan. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan teknologi pemetaan partisipatif dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola ketidaksesuaian pemanfaatan lahan di Kota Salatiga, sehingga masyarakat dapat memahami kondisi tata ruang. Program edukasi berbasis digital seperti aplikasi atau portal informasi tata ruang yang mudah diakses oleh masyarakat, juga dapat menjadi sarana efektif dalam menyebarluaskan informasi mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan upaya pelestarian kawasan perlindungan alam. Dengan memanfaatkan teknologi, diharapkan edukasi tata ruang dapat menjangkau lebih banyak orang dan mendorong peningkatan kepatuhan terhadap peraturan yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, pendidikan lingkungan merupakan salah satu instrumen utama dalam mendukung implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan menjaga keberlanjutan kawasan perlindungan alam di Kota Salatiga. Akan tetapi, untuk meminimalisir dampak maka pendidikan perlu diintegrasikan secara lebih luas dalam kebijakan tata ruang, baik melalui pendekatan formal di Lembaga pendidikan maupun melalui program-program berbasis masyarakat. Pemerintah, akademisi, dan komunitas lokal harus bekerja sama dalam menyusun strategi edukasi yang lebih efektif, berbasis partisipasi aktif, serta didukung oleh

pemanfaatan teknologi yang dapat mempercepat diseminasi informasi. Dengan demikian, upaya pelestarian kawasan perlindungan alam tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah, tetapi juga menjadi bagian dari kesadaran kolektif masyarakat dalam mewujudkan tata ruang yang berkelanjutan.

Integrasi Pendidikan Lingkungan dalam Kebijakan Tata Ruang Kota Salatiga

Pemerintah Kota Salatiga telah berupaya mengintegrasikan pendidikan lingkungan dalam kebijakan tata ruang, tetapi implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu bentuk integrasi yang telah dilakukan adalah melalui kerja sama dengan instansi pendidikan untuk menyusun program berbasis edukasi lingkungan terutama dalam memberikan pemahaman tentang pentingnya kawasan perlindungan alam. Beberapa lembaga pendidikan telah memasukkan materi tata ruang dan konservasi lingkungan dalam kurikulum mereka, namun cakupan materi yang diberikan masih terbatas. Selain itu, sosialisasi mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) lebih banyak dilakukan secara umum tanpa adanya pendekatan yang lebih spesifik terhadap kelompok masyarakat yang paling terdampak oleh perubahan pemanfaatan lahan, sehingga masih banyak pihak yang belum memahami secara menyeluruh mengenai konsekuensi dari pelanggaran tata ruang terhadap keseimbangan ekosistem dan mitigasi bencana.

Dalam perlindungan kawasan strategis, kolaborasi antara pemerintah dan institusi pendidikan seharusnya tidak hanya sebatas pada sosialisasi regulasi tetapi juga pada penerapan pendekatan berbasis riset dan implementasi di lapangan. Pemerintah Kota Salatiga dapat memanfaatkan potensi akademisi dan mahasiswa dalam penelitian serta pengabdian masyarakat yang berfokus pada pemantauan pemanfaatan lahan dan evaluasi efektivitas kebijakan tata ruang. Program seperti pemetaan partisipatif berbasis komunitas dapat menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan pemahaman dan keterlibatan masyarakat dalam menjaga kawasan perlindungan alam. Melalui kegiatan ini, masyarakat tidak hanya menjadi penerima

informasi, tetapi juga berperan aktif dalam mendokumentasikan perubahan lingkungan di sekitar mereka. Hasil dari program ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan yang lebih responsif terhadap kebutuhan masyarakat serta kondisi lingkungan di Kota Salatiga.

Selain melalui pendekatan akademis, peran lembaga nonformal dan komunitas lingkungan juga sangat penting dalam mendukung implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Berbagai komunitas telah berkontribusi dalam memberikan edukasi tentang pentingnya menjaga keberlanjutan kawasan perlindungan alam, tetapi keterlibatan dalam proses perencanaan tata ruang masih belum optimal. Pemerintah perlu memperkuat koordinasi dengan komunitas lokal untuk mengembangkan program berbasis edukasi yang lebih inklusif seperti pelatihan tata ruang berbasis masyarakat, sosialisasi lingkungan yang berkelanjutan, serta pemberdayaan masyarakat dalam pemantauan pelanggaran tata ruang. Melalui pendekatan tersebut, masyarakat dapat lebih memahami kebijakan tata ruang berpengaruh terhadap kehidupan sehari-hari serta berkontribusi dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

Pemanfaatan teknologi dalam edukasi tata ruang juga perlu diperkuat untuk meningkatkan efektivitas sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di Kota Salatiga. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan teknologi pemetaan digital dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pola ketidaksesuaian pemanfaatan lahan dan dampaknya terhadap ekosistem. Pemerintah dapat bekerja sama dengan akademisi dan komunitas teknologi untuk mengembangkan aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat diakses oleh masyarakat sebagai sarana informasi mengenai kebijakan tata ruang. Selain itu, platform edukasi berbasis digital seperti webinar, *e learning*, dan aplikasi interaktif dapat menjadi alternatif dalam menyebarluaskan pengetahuan mengenai tata ruang secara lebih luas. Dengan memanfaatkan teknologi, edukasi tata ruang tidak hanya bersifat pasif tetapi juga dapat melibatkan partisipasi masyarakat dalam memantau dan melaporkan pelanggaran tata ruang yang terjadi di lingkungan.

Keberhasilan integrasi pendidikan lingkungan dalam kebijakan tata ruang di Kota Salatiga sangat bergantung pada sinergi antara pemerintah, akademisi, komunitas lokal, serta masyarakat secara keseluruhan. Pemerintah Kota Salatiga harus memperkuat kebijakan yang mendorong keterlibatan aktif berbagai pihak dalam upaya pelestarian kawasan perlindungan alam, sedangkan lembaga pendidikan perlu mengembangkan metode pembelajaran yang lebih aplikatif dalam memahami perencanaan tata ruang. Dengan adanya integrasi lintas sektor yang lebih kuat, maka implementasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dapat lebih efektif dalam mengendalikan pemanfaatan lahan serta menjaga keberlanjutan lingkungan di Kota Salatiga.

PENUTUP

Integrasi pendidikan lingkungan dalam upaya pelestarian kawasan perlindungan alam di Kota Salatiga merupakan langkah strategis dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan tata ruang berkelanjutan. Pendidikan lingkungan berperan dalam membangun pemahaman mengenai dampak ketidaksesuaian pemanfaatan lahan terhadap keseimbangan ekosistem, mitigasi bencana, serta keberlanjutan sumber daya alam. Namun, efektivitasnya masih menghadapi tantangan terutama dalam hal keterbatasan sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang belum menjangkau seluruh lapisan masyarakat dan lemahnya kolaborasi antara pemerintah, akademisi, serta komunitas lokal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan edukasi yang lebih sistematis dan berbasis teknologi, seperti pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) serta program pelatihan berbasis masyarakat agar informasi mengenai tata ruang dapat lebih mudah dipahami dan diterapkan. Dengan memperkuat integrasi pendidikan lingkungan ke dalam kebijakan tata ruang serta meningkatkan sinergi antara berbagai pemangku kepentingan, diharapkan kesadaran dan kepatuhan masyarakat terhadap peraturan pemanfaatan lahan dapat meningkat, sehingga kawasan perlindungan alam di Kota Salatiga tetap terjaga sebagai bagian dari ekosistem yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Salatiga. (2023). *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga Tahun 2023-2043*. Salatiga: Pemerintah Kota Salatiga.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Salatiga. (2023). *Laporan Tahunan Pemantauan Implementasi RTRW Kota Salatiga 2023*. Pemerintah Kota Salatiga.
- Firman, T. (2020). *Pengelolaan Tata Ruang dan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia*. Jakarta: Gramedia.
- Likert, R. (1932). *A Technique for the Measurement of Attitudes*. Archives of Psychology, 140, 1-55.
- Pemerintah Kota Salatiga. (2020). *Peraturan Daerah Kota Salatiga tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Salatiga Tahun 2020-2040*.
- Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang.
- Peraturan Pemerintah No. 108 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam.
- Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN). (2021). *Pedoman Penataan Ruang dan Pengendalian Pemanfaatan Lahan*. Jakarta: Kementerian ATR/BPN.
- Riduwan. (2015). *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Santoso, H. (2018). *Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Lahan terhadap RTRW Menggunakan SIG*. Jurnal Geospasial dan Tata Ruang, 6(2), 45-58.
- Saputro, P. (2024). Participation of the Community of Kemadang Village, Tanjung Sari District in Tourism Activities in the South Coastal Area of Gunungkidul. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 3(3), 1112-1122.
- Sari, D. (2021). *Konflik Penggunaan Lahan di Kawasan Perkotaan: Studi Kasus Salatiga*. Semarang: Unnes Press.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Sitorus, S. R. P. (2004). *Perencanaan Tata Ruang dan Pengelolaan Lahan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*.
- Yulianto, D., & Prasetyo, B. (2020). *Implementasi Pendidikan Lingkungan dalam Meningkatkan Kesadaran Tata Ruang Berkelanjutan*. Jurnal Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan, 8(1), 12-24.



**INDONESIAN
JOURNAL OF
CONSERVATION**

