OPEN ACCESS
Global Journal of Interdisciplinary Research and Innovation (GJIRI) | Vol. 1 No. 2 (2026)
E-ISSN:
Research

Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan melalui Valuasi Ekonomi Limbah Cair Ternak Kambing: Analisis Kuantitatif dan Perspektif Maqashid Syariah di Kecamatan Kejobong

Livia Nur Safitri [1*], Sarpini [2]
[1,2] Universitas Islam Negeri Prof. K. H. Saifudin Zuhri Purwokerto, Indonesia
Email: [1)] liviacantik288@gmail.com, [2)] sarpini@uinsaizu.ac.id,

Abstract
Sustainable water resource management is important for maintaining environmental balance and supporting community welfare, particularly in rural areas with livestock activities. Goat farming generates organic waste that may contribute to water pollution if it is not properly managed. This study aims to analyze the potential water pollution load from goat farming waste in Kejobong District, Purbalingga Regency, and estimate the economic value that could be generated through the utilization of waste for biogas and organic fertilizer from a Maqashid Syariah perspective. This study applies a descriptive quantitative method using secondary data on livestock populations and pollutant emission factors. The analysis includes estimates of potential water pollution loads, biogas production, and economic valuation based on potentially avoided costs. Preliminary calculations indicate that, under the assumptions of a goat population of 42,850 animals and a 20% runoff coefficient, the potential annual pollution load reaches approximately 106.67 tonnes of BOD and 290.59 tonnes of COD. Waste utilization may generate economic benefits through the substitution of fuel and fertilizer, although the estimated values depend on the technical assumptions and prices applied. From a Maqashid Syariah perspective, waste management can be associated with environmental protection and the preservation of wealth. This study is expected to provide considerations for developing livestock waste management practices that support sustainable water resources and local economic welfare.

Keywords: *Water Resources, Goat Waste, Economic Valuation, Biogas, Maqashid Syariah.*

Abstrak
Pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan merupakan hal penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan mendukung kesejahteraan masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan yang memiliki aktivitas peternakan. Kegiatan peternakan kambing menghasilkan limbah organik yang apabila tidak dikelola dengan baik berpotensi menimbulkan pencemaran air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi beban pencemaran air dari limbah peternakan kambing di Kecamatan Kejobong, Kabupaten Purbalingga, serta memperkirakan nilai ekonomi yang dapat diperoleh melalui pemanfaatan limbah menjadi biogas dan pupuk organik dalam perspektif Maqashid Syariah. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data sekunder mengenai populasi ternak dan faktor emisi pencemar. Analisis dilakukan melalui perhitungan potensi beban pencemaran, estimasi produksi biogas, dan pendekatan valuasi ekonomi berdasarkan biaya yang berpotensi dihemat. Draf perhitungan awal menunjukkan bahwa dengan asumsi populasi 42.850 ekor kambing dan koefisien limpasan sebesar 20%, potensi beban pencemaran mencapai sekitar 106,67 ton BOD dan 290,59 ton COD per tahun. Pemanfaatan limbah diperkirakan dapat menghasilkan manfaat ekonomi melalui substitusi bahan bakar dan pupuk, meskipun nilai tersebut masih bergantung pada asumsi teknis dan harga yang digunakan. Dalam perspektif Maqashid Syariah, pengelolaan limbah dapat dikaitkan dengan perlindungan lingkungan dan pemeliharaan harta. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan pengelolaan limbah peternakan yang mendukung keberlanjutan sumber daya air dan ekonomi masyarakat.

Kata Kunci: *Sumber Daya Air, Limbah Kambing, Valuasi Ekonomi, Biogas, Maqashid Syariah.*

1. Pendahuluan

Sumber daya air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia dan keberlangsungan berbagai kegiatan ekonomi. Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, mendukung kegiatan pertanian, menunjang usaha peternakan, serta menjaga keseimbangan ekosistem. Ketersediaan air yang bersih dan layak digunakan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Namun, keberadaan sumber daya air dapat mengalami tekanan akibat berbagai kegiatan manusia yang menghasilkan limbah. Apabila limbah dibuang tanpa melalui

Copyright: © 2026 by the authors.
This is an open access article
distributed under the terms and conditions of the CC BY 4.0.

pengelolaan yang tepat, kualitas air dapat menurun dan manfaatnya bagi masyarakat menjadi berkurang. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan mempertimbangkan kebutuhan ekonomi sekaligus kelestarian lingkungan.

Salah satu kegiatan ekonomi yang perlu mendapatkan perhatian dalam pengelolaan sumber daya air adalah peternakan. Kegiatan peternakan mempunyai manfaat bagi masyarakat karena dapat menjadi sumber pendapatan, menyediakan kebutuhan pangan, dan membuka peluang usaha di wilayah pedesaan. Meskipun demikian, kegiatan tersebut juga menghasilkan limbah berupa kotoran ternak, urin, sisa pakan, dan air bekas pembersihan kandang. Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat terbawa oleh air hujan menuju saluran drainase dan badan air di sekitarnya (Change, 2019). Kandungan bahan organik dalam limbah tersebut berpotensi meningkatkan beban pencemaran apabila masuk ke perairan dalam jumlah yang melebihi kemampuan lingkungan untuk menguraikannya. Dengan demikian, pengembangan usaha peternakan perlu diimbangi dengan pengelolaan limbah yang memadai agar manfaat ekonominya tidak menimbulkan kerugian lingkungan.

Peternakan kambing merupakan salah satu kegiatan yang dapat dikembangkan oleh masyarakat pedesaan. Selain menghasilkan produk peternakan yang mempunyai nilai jual, pemeliharaan kambing juga menghasilkan kotoran yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik maupun bahan baku biogas. Akan tetapi, pemanfaatan tersebut tidak selalu dilakukan secara optimal. Kotoran yang dibiarkan menumpuk atau dibuang tanpa pengelolaan dapat menimbulkan masalah kebersihan dan berpotensi mencemari lingkungan perairan. Risiko pencemaran juga dipengaruhi oleh lokasi kandang, sistem pembuangan limbah, kondisi saluran air, curah hujan, serta kebiasaan peternak dalam mengelola kotoran. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk memperkirakan potensi beban pencemaran sekaligus mengidentifikasi peluang pemanfaatan limbah yang dapat memberikan manfaat ekonomi.

Kecamatan Kejobong, Kabupaten Purbalingga, menjadi wilayah yang relevan untuk dikaji karena dikenal dengan pengembangan kambing Kejobong. Aktivitas peternakan dapat memberikan kontribusi terhadap perekonomian masyarakat setempat, tetapi pengelolaan limbahnya juga perlu diperhatikan agar kegiatan produksi dapat berlangsung secara berkelanjutan. Besarnya populasi ternak dapat digunakan sebagai salah satu dasar untuk memperkirakan jumlah kotoran yang dihasilkan dan potensi beban pencemaran yang mungkin timbul (BPS Purbalingga, 2023). Meskipun demikian, besarnya populasi ternak tidak secara langsung membuktikan bahwa suatu sungai telah mengalami pencemaran. Penilaian terhadap kondisi kualitas air secara nyata tetap memerlukan data pendukung, seperti pengukuran kualitas air, informasi jalur pembuangan limbah, dan kondisi lingkungan di sekitar peternakan.

Salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan untuk mengurangi permasalahan limbah peternakan adalah pemanfaatan melalui teknologi anaerobic digestion atau pencernaan anaerobik. Teknologi ini menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen bebas sehingga dapat menghasilkan biogas. Biogas dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif, sedangkan sisa pengolahan atau digestate berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik setelah memenuhi persyaratan kualitas dan keamanan yang diperlukan. Pemanfaatan tersebut sejalan dengan konsep ekonomi sirkular, yaitu pendekatan yang berupaya mengurangi limbah dengan mengolah kembali bahan sisa agar mempunyai nilai guna. Melalui pendekatan ini, limbah yang sebelumnya berpotensi menimbulkan masalah lingkungan dapat menjadi sumber daya yang memberikan manfaat tambahan bagi peternak dan masyarakat.

Pemanfaatan limbah peternakan juga dapat dianalisis melalui pendekatan valuasi ekonomi. Valuasi ekonomi lingkungan digunakan untuk memperkirakan nilai manfaat atau biaya yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya dan lingkungan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah Replacement Cost, yaitu pendekatan yang memperkirakan manfaat berdasarkan biaya yang dapat dihindari atau digantikan melalui alternatif tertentu. Dalam konteks penelitian ini, pendekatan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan penghematan biaya bahan bakar apabila biogas menggantikan sebagian penggunaan LPG serta potensi penghematan biaya pupuk melalui pemanfaatan pupuk organik (Lopez, et.al, 2025). Perhitungan ini tetap perlu mempertimbangkan biaya pembangunan dan pengoperasian instalasi, kebutuhan perawatan, efisiensi produksi, serta kemampuan peternak dalam menggunakan hasil pengolahan. Oleh sebab itu, nilai ekonomi yang diperoleh perlu dipahami sebagai estimasi berdasarkan asumsi yang digunakan, bukan sebagai keuntungan bersih yang pasti diterima oleh masyarakat.

Dalam perspektif Ekonomi Islam, pengelolaan sumber daya alam berkaitan dengan tanggung jawab manusia untuk memanfaatkan sumber daya secara bijaksana dan menghindari kerusakan. Sumber daya air tidak



hanya mempunyai nilai ekonomi, tetapi juga menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat dan keseimbangan lingkungan. Oleh karena itu, upaya menjaga kualitas air dan mencegah pencemaran merupakan bagian dari tanggung jawab sosial yang sejalan dengan nilai-nilai Islam (Lestari, D. S, 2023). Pemanfaatan limbah peternakan menjadi biogas dan pupuk organik dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi pembuangan limbah sekaligus menciptakan nilai tambah ekonomi. Dengan demikian, pengelolaan limbah dapat dikaji bukan hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi kemaslahatan masyarakat.

Kajian ini selanjutnya dihubungkan dengan Maqashid Syariah, yaitu tujuan syariat Islam dalam mewujudkan kemaslahatan dan mencegah kemudaratan. Dalam pembahasan lingkungan, prinsip perlindungan lingkungan atau Hifzh al-Bi'ah dapat digunakan sebagai kerangka analisis untuk menekankan pentingnya menjaga kualitas air dan keseimbangan ekosistem. Sementara itu, prinsip Hifzh al-Mal berkaitan dengan pemeliharaan harta, efisiensi penggunaan sumber daya, dan upaya menghindari pemborosan. Kedua prinsip tersebut dapat menjadi dasar untuk menilai manfaat pengolahan limbah yang tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga memperhatikan tanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan potensi beban pencemaran air yang berkaitan dengan limbah peternakan kambing di Kecamatan Kejobong, mengestimasi potensi produksi biogas dan nilai ekonomi dari pemanfaatan limbah, serta menjelaskan keterkaitannya dengan prinsip Maqashid Syariah. Penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif berbasis data sekunder dan perhitungan teknis. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai hubungan antara kegiatan peternakan, potensi pencemaran air, dan peluang pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang bernilai ekonomi. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pengembangan sistem pengelolaan limbah peternakan yang lebih berkelanjutan.

2. Literature Review

a. Pengelolaan Sumber Daya Air Berkelanjutan

Pengelolaan sumber daya air berkelanjutan merupakan upaya menjaga ketersediaan dan kualitas air agar dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tanpa merusak fungsi lingkungan. Pengelolaan ini tidak hanya berfokus pada pemanfaatan air untuk kegiatan ekonomi, tetapi juga memperhatikan pencegahan pencemaran, perlindungan ekosistem perairan, dan kebutuhan generasi mendatang. Dalam konteks wilayah pedesaan, sumber daya air mempunyai hubungan erat dengan kegiatan pertanian dan peternakan. Apabila kualitas air menurun akibat masuknya limbah, masyarakat dapat menghadapi kesulitan dalam memenuhi kebutuhan air bersih serta mempertahankan kegiatan ekonomi yang bergantung pada sumber daya tersebut.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air adalah masuknya bahan organik ke badan air. Bahan organik yang berasal dari limbah peternakan dapat diuraikan oleh mikroorganisme, tetapi proses penguraian tersebut membutuhkan oksigen (Nleya, Y., Young, B., Nooraee, E., & Baroutian, S. 2025). Apabila jumlah bahan organik yang masuk terlalu besar, kebutuhan oksigen untuk proses penguraian dapat meningkat dan memengaruhi kadar oksigen terlarut dalam air. Kondisi tersebut dapat mengganggu kehidupan organisme perairan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah sebelum dibuang ke lingkungan menjadi salah satu langkah yang penting untuk mengurangi risiko pencemaran.

b. Limbah Peternakan dan Potensi Pencemaran Air

Limbah peternakan merupakan sisa kegiatan pemeliharaan ternak yang dapat berupa kotoran padat, urin, sisa pakan, dan air yang digunakan dalam kegiatan pembersihan kandang. Karakteristik limbah bergantung pada jenis ternak, jumlah ternak, jenis pakan, sistem pemeliharaan, serta cara pengumpulan dan penyimpanannya. Kotoran ternak mengandung bahan organik yang dapat dimanfaatkan kembali, tetapi apabila tidak ditangani dengan baik juga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan.

Potensi pencemaran air dapat diperkirakan melalui beberapa parameter, termasuk Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD). BOD menggambarkan kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang dapat terurai secara biologis dalam kondisi pengujian tertentu. Sementara itu, COD menggambarkan kebutuhan oksigen ekuivalen untuk mengoksidasi bahan yang dapat dioksidasi secara kimia. Nilai BOD dan COD pada limbah dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya beban pencemar, tetapi tidak dapat menggantikan pengukuran langsung terhadap kualitas air sungai.

Untuk mengetahui kondisi sungai secara nyata, diperlukan pengambilan sampel dan pengujian laboratorium pada titik serta waktu yang sesuai.

Dalam penelitian berbasis data sekunder, potensi beban pencemaran dapat diperkirakan menggunakan jumlah populasi ternak dan faktor emisi per ekor (Novita, E., Firmansyah, J. W., & Pradana, H. A. 2023). Hasilnya memberikan gambaran mengenai kemungkinan jumlah bahan pencemar yang dihasilkan dalam periode tertentu. Namun, jumlah bahan pencemar yang benar-benar mencapai sungai dapat berbeda karena dipengaruhi oleh pengumpulan kotoran, pengolahan limbah, kondisi lahan, curah hujan, dan jalur aliran air. Oleh karena itu, asumsi mengenai persentase limbah yang mencapai badan air perlu dijelaskan dan didukung sumber yang dapat dipertanggungjawabkan.

c. Ekonomi Sirkular dan Pemanfaatan Limbah Peternakan

Ekonomi sirkular merupakan pendekatan ekonomi yang berupaya mengurangi pemborosan sumber daya melalui pemanfaatan kembali bahan, pengolahan limbah, dan perpanjangan nilai guna suatu produk. Berbeda dengan pola produksi yang berakhir pada pembuangan sisa, ekonomi sirkular mendorong agar bahan yang masih memiliki manfaat dapat dikembalikan ke dalam kegiatan produksi. Dalam sektor peternakan, pendekatan ini dapat diterapkan dengan mengolah kotoran menjadi pupuk organik atau memanfaatkannya sebagai bahan baku biogas.

Pemanfaatan limbah menjadi biogas dapat memberikan manfaat berupa sumber energi alternatif dan pengurangan ketergantungan pada bahan bakar lain. Sementara itu, sisa pengolahan biogas berpotensi digunakan sebagai pupuk organik apabila memenuhi persyaratan kualitas (Pemerintah Republik Indonesia. 2021). Meskipun demikian, penerapan teknologi ini membutuhkan ketersediaan bahan baku yang memadai, sistem pengolahan yang sesuai, biaya investasi, dan kemampuan pengelola dalam melakukan perawatan. Oleh karena itu, manfaat ekonomi sirkular tidak hanya ditentukan oleh banyaknya limbah yang tersedia, tetapi juga oleh kelayakan teknis dan biaya pelaksanaannya.

d. Valuasi Ekonomi Lingkungan

Valuasi ekonomi lingkungan merupakan pendekatan untuk memperkirakan nilai ekonomi dari manfaat atau kerugian yang berkaitan dengan sumber daya alam dan pengelolaan lingkungan. Pendekatan ini dapat membantu menjelaskan bahwa pengelolaan lingkungan tidak selalu menjadi pengeluaran tanpa manfaat, tetapi juga dapat menghasilkan penghematan biaya dan nilai tambah ekonomi. Dalam penelitian ini, valuasi ekonomi diarahkan pada potensi manfaat pemanfaatan limbah peternakan sebagai biogas dan pupuk organik.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah Replacement Cost. Pendekatan ini memperkirakan nilai manfaat berdasarkan biaya alternatif yang dapat digantikan. Sebagai contoh, biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah dapat dibandingkan dengan energi yang diperoleh dari LPG, sedangkan pupuk organik dapat dinilai berdasarkan kemungkinan penggantian sebagian kebutuhan pupuk kimia. Perhitungan tersebut perlu menggunakan asumsi yang jelas mengenai volume produksi, kesetaraan energi, harga bahan bakar, dan jumlah pupuk yang benar-benar dapat menggantikan pupuk kimia.

Nilai penghematan yang diperoleh dari perhitungan tidak otomatis sama dengan keuntungan bersih. Pengeluaran untuk pembangunan biodigester, pemeliharaan, pengumpulan bahan baku, dan pengoperasian perlu diperhitungkan apabila penelitian ingin menilai kelayakan finansial secara menyeluruh. Selain itu, manfaat lingkungan seperti pengurangan pencemaran dan emisi gas rumah kaca perlu dibedakan dari manfaat ekonomi yang benar-benar dapat diterima dalam bentuk uang.

e. Teknologi Anaerobic Digestion

Anaerobic digestion merupakan proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen bebas. Proses ini dapat menghasilkan biogas yang mengandung metana dan karbon dioksida. Kandungan metana membuat biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, sedangkan sisa pengolahannya masih mengandung bahan organik dan unsur hara yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk setelah memenuhi persyaratan yang berlaku.

Penerapan teknologi ini pada limbah peternakan dapat membantu mengurangi jumlah bahan organik yang dibuang secara langsung ke lingkungan. Namun, keberhasilannya dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku, kadar air, suhu, waktu tinggal, kondisi proses, dan pengoperasian instalasi. Dengan demikian, estimasi produksi biogas yang dihitung berdasarkan faktor teknis perlu dipahami sebagai potensi teoretis atau potensi berdasarkan model, bukan sebagai jumlah produksi yang pasti diperoleh dalam praktik.



f. Maqashid Syariah dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

Maqashid Syariah merupakan konsep yang menjelaskan tujuan syariat Islam dalam mewujudkan kemaslahatan dan mencegah kemudaratan. Dalam konteks pengelolaan sumber daya alam, prinsip-prinsip tersebut dapat digunakan untuk menilai apakah suatu kegiatan ekonomi memperhatikan tanggung jawab terhadap manusia dan lingkungan. Pengelolaan sumber daya tidak seharusnya hanya berorientasi pada keuntungan jangka pendek, tetapi juga perlu mempertimbangkan dampak yang ditimbulkan terhadap kehidupan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan.

Prinsip Hifzh al-Bi'ah dapat digunakan dalam kerangka analisis untuk menekankan pentingnya menjaga lingkungan, termasuk kualitas air dan keseimbangan ekosistem. Sementara itu, Hifzh al-Mal menekankan perlindungan harta, penggunaan sumber daya secara efisien, dan pencegahan pemborosan. Dalam pengelolaan limbah peternakan, kedua prinsip tersebut dapat dihubungkan dengan upaya mengurangi pencemaran serta memanfaatkan limbah untuk menghasilkan energi dan pupuk. Perlu dipahami bahwa Hifzh al-Bi'ah merupakan kerangka pengembangan etika lingkungan dalam pembahasan ini, sedangkan pemeliharaan harta merupakan salah satu tujuan utama yang dikenal dalam rumusan klasik Maqashid Syariah.

g. Kerangka Berpikir

Penelitian ini berangkat dari aktivitas peternakan kambing di Kecamatan Kejobong yang menghasilkan limbah organik. Limbah tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran apabila tidak dikelola dan sebagian masuk ke badan air. Dengan menggunakan data populasi ternak dan faktor emisi, penelitian memperkirakan potensi beban pencemaran berdasarkan parameter yang dipilih. Selanjutnya, limbah dipandang sebagai bahan baku yang berpotensi dimanfaatkan melalui teknologi anaerobic digestion untuk menghasilkan biogas dan sisa pengolahan yang dapat digunakan sebagai pupuk organik setelah memenuhi persyaratan.

Potensi pemanfaatan tersebut kemudian dianalisis melalui valuasi ekonomi untuk memperkirakan kemungkinan penghematan biaya energi dan pupuk. Hasil perhitungan selanjutnya dibahas dalam perspektif Maqashid Syariah, terutama berkaitan dengan perlindungan lingkungan dan pemeliharaan harta. Dengan demikian, kerangka berpikir penelitian menghubungkan aktivitas peternakan, potensi beban pencemaran, pemanfaatan limbah, estimasi nilai ekonomi, dan prinsip keberlanjutan dalam Ekonomi Islam.

3. Metode Penelitian

a. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data sekunder. Metode kuantitatif digunakan karena penelitian melibatkan data angka, faktor emisi, dan perhitungan potensi pencemaran serta manfaat ekonomi. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan hasil perhitungan secara sistematis sehingga dapat memberikan gambaran mengenai potensi permasalahan dan peluang pemanfaatan limbah peternakan. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran langsung terhadap sampel air apabila seluruh analisis didasarkan pada data sekunder. Oleh karena itu, hasil penelitian harus dipahami sebagai estimasi berdasarkan data dan asumsi yang digunakan.

b. Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi kajian penelitian adalah Kecamatan Kejobong, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah. Objek penelitian berfokus pada potensi limbah yang dihasilkan oleh kegiatan peternakan kambing, kemungkinan beban pencemaran air yang berkaitan dengan limbah tersebut, serta peluang pemanfaatannya sebagai sumber energi dan pupuk organik. Data populasi ternak digunakan sebagai dasar perhitungan, sedangkan faktor emisi dan parameter teknis digunakan untuk memperkirakan potensi pencemaran dan produksi biogas.

c. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi statistik, jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan dokumen resmi yang berkaitan dengan peternakan, pencemaran air, pengolahan limbah, serta valuasi ekonomi lingkungan. Data populasi ternak perlu mengacu pada publikasi resmi yang sesuai dengan



tahun penelitian. Sementara itu, faktor emisi, produksi kotoran per ekor, kandungan padatan volatil, dan potensi produksi metana perlu didukung sumber teknis yang jelas.

Seluruh sumber data perlu diperiksa berdasarkan kesesuaian lokasi, tahun, satuan, dan metode pengukuran. Apabila faktor teknis berasal dari penelitian di wilayah atau jenis peternakan yang berbeda, penggunaannya perlu dijelaskan sebagai asumsi atau pendekatan yang memiliki keterbatasan. Langkah ini diperlukan agar hasil perhitungan tidak dianggap sebagai pengukuran langsung terhadap kondisi peternakan di Kecamatan Kejobong.

d. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dan penelusuran literatur. Studi dokumentasi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai populasi ternak dan kondisi wilayah dari sumber resmi. Sementara itu, penelusuran literatur digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai faktor emisi pencemar, karakteristik kotoran kambing, teknologi pencernaan anaerobik, produksi biogas, serta metode valuasi ekonomi. Data yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan relevansi dan kejelasan sumbernya sebelum digunakan dalam perhitungan.

e. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah menghitung potensi beban pencemaran berdasarkan populasi kambing dan faktor emisi untuk setiap parameter. Tahap kedua adalah memperkirakan produksi biogas berdasarkan jumlah kotoran, kadar padatan volatil, dan faktor hasil produksi metana. Tahap ketiga adalah memperkirakan nilai ekonomi melalui potensi penghematan bahan bakar dan substitusi pupuk. Tahap keempat adalah membahas hasil perhitungan dalam perspektif Maqashid Syariah dengan menekankan aspek perlindungan lingkungan dan pemeliharaan harta.

Hasil perhitungan disajikan dalam satuan harian dan tahunan agar lebih mudah dipahami. Nilai yang berasal dari asumsi teknis perlu dibedakan dari data yang diperoleh langsung dari sumber resmi. Selain itu, nilai penghematan energi dan pupuk tidak boleh langsung dianggap sebagai keuntungan bersih apabila biaya investasi dan operasional belum diperhitungkan.

f. Persamaan dan Rumus Perhitungan

Perhitungan potensi beban pencemaran dapat menggunakan persamaan berikut:

Potensi beban pencemaran:

$$\mathbf{PBP_i = P_kambing \times FE_i \times \alpha \times 10^{-3}}$$

Keterangan: PBP_i adalah potensi beban pencemaran parameter i dalam kg/hari; P_kambing adalah populasi kambing; FE_i adalah faktor emisi dalam gram/ekor/hari; dan α adalah proporsi beban yang diasumsikan mencapai badan air.

Estimasi produksi metana harian:

$$\mathbf{V_CH_4 = P_kambing \times Y_kotoran \times VS \times BMP}$$

Keterangan: Y_kotoran adalah produksi kotoran per ekor per hari; VS adalah fraksi padatan volatil; dan BMP adalah potensi produksi metana per satuan padatan volatil. Satuan seluruh komponen harus disesuaikan agar hasil perhitungan menghasilkan volume metana dalam m^3/hari.

Estimasi volume biogas:

$$\mathbf{V_biogas = V_CH_4 / f_CH_4}$$

Keterangan: f_CH_4 adalah fraksi metana dalam biogas berdasarkan asumsi teknis yang digunakan.

Estimasi nilai penghematan LPG:

$$N_LPG = (V_biogas \times e) / 3$$

$$S_LPG = N_LPG \times H_LPG$$

Keterangan: e adalah kesetaraan biogas terhadap LPG dalam kg per m^3, sedangkan H_LPG adalah harga per tabung LPG 3 kg. Perhitungan ini merupakan estimasi substitusi energi dan perlu mempertimbangkan efisiensi pemanfaatan biogas.

Estimasi reduksi emisi gas rumah kaca:

$$R_GRK = P_kambing \times EF_reduksi$$

Keterangan: EF_reduksi adalah faktor reduksi emisi per ekor per tahun yang harus didukung sumber dan skenario pembanding yang jelas. Estimasi reduksi emisi tidak otomatis menjadi pendapatan dari kredit karbon.

4. Hasil dan Pembahasan

a. Potensi Beban Pencemaran Air dari Limbah Peternakan Kambing

Berdasarkan draf perhitungan awal, populasi kambing yang digunakan dalam analisis di Kecamatan Kejobong adalah 42.850 ekor. Angka tersebut menjadi dasar untuk memperkirakan potensi produksi limbah dan beban pencemaran dengan menggunakan faktor emisi teknis. Dengan asumsi faktor emisi sebesar 34,1 gram BOD dan 92,9 gram COD per ekor per hari serta proporsi beban yang mencapai badan air sebesar 20%, perhitungan awal menghasilkan potensi beban pencemaran sekitar 292,24 kg BOD dan 796,15 kg COD per hari. Apabila nilai tersebut dikalikan selama satu tahun, estimasinya mencapai sekitar 106,67 ton BOD dan 290,59 ton COD per tahun.

Angka tersebut menggambarkan potensi beban pencemaran berdasarkan parameter dan asumsi yang digunakan. Namun, hasil tersebut belum membuktikan bahwa seluruh beban pencemar benar-benar masuk ke sungai di Kecamatan Kejobong. Jumlah bahan pencemar yang mencapai badan air dapat dipengaruhi oleh pengelolaan kotoran, keberadaan tempat penampungan, kondisi saluran drainase, curah hujan, serta karakteristik lahan di sekitar peternakan. Oleh sebab itu, nilai tersebut lebih tepat digunakan sebagai estimasi awal untuk menunjukkan pentingnya pengelolaan limbah, bukan sebagai hasil pengukuran pencemaran sungai secara langsung.

Bahan organik yang masuk ke perairan dapat meningkatkan kebutuhan oksigen untuk proses penguraian. Jika beban organik yang masuk melampaui kemampuan perairan untuk memprosesnya, kondisi tersebut dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengganggu kehidupan organisme air. Kandungan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor juga dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem apabila masuk dalam jumlah berlebihan. Meskipun demikian, tingkat pencemaran aktual dan status mutu air tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan estimasi beban pencemar dari populasi ternak. Penentuan kondisi tersebut memerlukan data kualitas air dan pembandingan dengan baku mutu yang berlaku (Putri, et.al, 2024).

Temuan awal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah perlu menjadi bagian dari kegiatan peternakan. Pengumpulan kotoran secara teratur, penyediaan tempat penampungan, pengolahan sebelum pembuangan, serta pemanfaatan kembali bahan organik dapat dipertimbangkan untuk mengurangi risiko masuknya pencemar ke lingkungan. Pelaksanaan langkah-langkah tersebut perlu disesuaikan dengan skala peternakan, kemampuan ekonomi peternak, dan kondisi lingkungan setempat.

b. Potensi Pemanfaatan Limbah menjadi Biogas

Kotoran kambing tidak hanya berpotensi menjadi sumber pencemar, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi biogas. Melalui teknologi anaerobic digestion, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen bebas. Proses tersebut menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Potensi pemanfaatannya bergantung pada jumlah kotoran yang tersedia, karakteristik bahan baku, kondisi proses, dan efisiensi instalasi pengolahan.

Dalam draf awal, perhitungan menggunakan asumsi produksi kotoran basah sebesar 1,5 kg per ekor per hari, fraksi padatan volatil sebesar 15,71%, dan potensi produksi metana sebesar 0,17 m^3 CH_4 per kg padatan volatil. Dengan populasi 42.850 ekor, model tersebut menghasilkan estimasi sekitar 1.716,59 m^3 metana per hari atau sekitar 3.178,87 m^3 biogas per hari jika fraksi metana diasumsikan sebesar 54% (Rasyid, R., Nasrul, & Qaiyimah, D. 2025). Angka tersebut merupakan hasil pemodelan berdasarkan asumsi teknis, sehingga perlu diperiksa kembali kesesuaiannya dengan kondisi kotoran kambing dan efisiensi pengolahan di lokasi penelitian.

Dalam penerapan nyata, tidak seluruh kotoran yang dihasilkan ternak akan selalu dapat dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam biodigester. Sebagian bahan dapat tercecer, tercampur tanah, atau tidak sesuai untuk langsung digunakan sebagai bahan baku. Selain itu, produksi biogas dapat berubah karena kandungan bahan organik, kadar air, suhu, dan kondisi pengoperasian. Oleh karena itu, estimasi produksi biogas berdasarkan seluruh populasi ternak perlu dibedakan dari jumlah biogas yang benar-benar dapat dihasilkan melalui fasilitas pengolahan.

Apabila teknologi ini dapat diterapkan secara sesuai, biogas berpotensi membantu memenuhi sebagian kebutuhan energi peternak dan masyarakat. Namun, penerapannya memerlukan pertimbangan mengenai biaya investasi, ketersediaan bahan baku, pemeliharaan fasilitas, dan mekanisme pengelolaan. Penggunaan biodigester komunal dapat dipertimbangkan jika pengumpulan limbah dari beberapa peternak memungkinkan dan terdapat pengelola yang bertanggung jawab atas operasional serta pembagian manfaat.

c. Valuasi Ekonomi Pemanfaatan Biogas dan Pupuk Organik

Pemanfaatan limbah peternakan dapat memberikan manfaat ekonomi melalui penggantian sebagian kebutuhan energi dan pupuk. Biogas berpotensi menggantikan sebagian penggunaan LPG, sedangkan sisa pengolahan dapat digunakan sebagai pupuk organik setelah memenuhi persyaratan yang diperlukan. Manfaat tersebut dapat dianalisis menggunakan pendekatan Replacement Cost untuk memperkirakan pengeluaran yang berpotensi dihemat apabila hasil pengolahan limbah dapat menggantikan produk lain.

Dalam draf perhitungan awal, potensi produksi biogas dikonversi menjadi kesetaraan LPG dengan menggunakan asumsi 1 m^3 biogas setara dengan 0,46 kg LPG. Dengan menggunakan harga asumsi Rp20.000 per tabung LPG 3 kg, perhitungan awal memperkirakan potensi penghematan energi sebesar Rp3,55 miliar per tahun. Nilai ini perlu diperiksa kembali berdasarkan konsistensi satuan, efisiensi konversi energi, volume biogas yang dapat dimanfaatkan, serta harga LPG yang sesuai dengan kondisi dan periode penelitian.

Selain potensi penghematan energi, draf awal memperkirakan nilai substitusi pupuk kimia NPK melalui pemanfaatan digestate sebesar Rp1,24 miliar per tahun. Estimasi ini memerlukan penjelasan mengenai jumlah pupuk organik yang dapat dihasilkan, kandungan unsur hara, tingkat penggantian pupuk kimia, dan harga pupuk yang digunakan dalam perhitungan (Wardhani, E., Irmansyah, A. Z., & Torangi, M. R. F. 2024). Tanpa informasi tersebut, angka tersebut belum dapat dianggap sebagai nilai manfaat yang telah terbukti. Penggunaan digestate juga harus memperhatikan kualitas dan keamanannya agar tidak menimbulkan masalah baru bagi tanah maupun lingkungan.

Draf awal turut mencantumkan estimasi reduksi emisi gas rumah kaca sebesar 11.569,5 ton CO_2-ekuivalen per tahun, dengan nilai indikatif sekitar Rp347,08 juta per tahun berdasarkan harga bayangan karbon yang diasumsikan. Perhitungan tersebut perlu diverifikasi menggunakan faktor reduksi emisi dan skenario pembanding yang sesuai. Nilai ekonomi dari reduksi emisi juga harus dibedakan dari pendapatan aktual, sebab manfaat berupa pengurangan emisi tidak otomatis dapat diperjualbelikan sebagai kredit karbon.

Draf awal menjumlahkan ketiga komponen tersebut dan memperoleh estimasi manfaat ekonomi sekitar Rp5,14 miliar per tahun. Akan tetapi, angka total ini belum dapat dianggap sebagai nilai ekonomi bersih yang telah terbukti. Perhitungan perlu diperiksa agar tidak terjadi penghitungan ganda dan agar setiap komponen memiliki dasar yang jelas. Biaya pembangunan biodigester, pengoperasian, pemeliharaan, pengangkutan



kotoran, serta pengolahan sisa proses juga perlu diperhitungkan apabila tujuan penelitian adalah menilai kelayakan finansial secara menyeluruh. Dengan demikian, valuasi ekonomi dalam penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai perkiraan awal mengenai peluang manfaat yang perlu diuji lebih lanjut.

d. Analisis Pengelolaan Limbah dalam Perspektif Maqashid Syariah

Pengelolaan limbah peternakan dapat dikaji melalui perspektif Maqashid Syariah karena berkaitan dengan upaya mewujudkan kemaslahatan dan mencegah kemudaratan. Dalam kegiatan ekonomi, pemanfaatan sumber daya seharusnya tidak hanya mempertimbangkan manfaat bagi pelaku usaha, tetapi juga dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan. Limbah yang tidak dikelola dengan baik berpotensi menimbulkan kerugian bagi pihak lain, khususnya apabila masuk ke sumber air yang digunakan bersama. Oleh sebab itu, pencegahan pencemaran merupakan bagian penting dari tanggung jawab dalam menjalankan kegiatan ekonomi.

Prinsip perlindungan lingkungan atau Hifzh al-Bi'ah digunakan dalam pembahasan ini untuk menekankan pentingnya menjaga kualitas air dan mencegah kerusakan ekosistem. Pemanfaatan limbah menjadi biogas dan pupuk organik berpotensi mendukung tujuan tersebut apabila benar-benar mengurangi pembuangan limbah yang tidak terkendali. Akan tetapi, manfaat lingkungan perlu dinilai berdasarkan kondisi penerapan teknologi, bukan hanya berdasarkan potensi teoritis. Jika pengolahan dilakukan dengan baik, limbah dapat dimanfaatkan secara lebih produktif dan risiko pencemaran dapat dikurangi.

Sementara itu, prinsip Hifzh al-Mal berkaitan dengan pemeliharaan harta dan penggunaan sumber daya secara efisien. Pengolahan limbah yang menghasilkan energi alternatif dan pupuk organik berpotensi mengurangi sebagian pengeluaran peternak (Widyastuti, M., Jayanto, G. D., Irshabdillah, S., & Fadlillah, L. N. 2024). Namun, manfaat finansial tersebut perlu dibandingkan dengan biaya investasi dan operasional agar dapat diketahui apakah teknologi yang diterapkan benar-benar memberikan keuntungan ekonomi. Dengan demikian, efisiensi pengelolaan limbah tidak hanya dilihat dari besarnya nilai penghematan secara teoritis, tetapi juga dari kemampuan teknologi tersebut memberikan manfaat yang berkelanjutan.

Berdasarkan kedua prinsip tersebut, pengelolaan limbah peternakan dapat dipahami sebagai upaya menghubungkan kepentingan lingkungan dengan kepentingan ekonomi masyarakat. Pendekatan ini sejalan dengan gagasan bahwa kegiatan ekonomi perlu memperhatikan tanggung jawab sosial dan tidak menimbulkan kerugian yang dapat dihindari. Namun, karena penelitian ini menggunakan data sekunder dan perhitungan estimatif, analisis Maqashid Syariah yang dilakukan bersifat konseptual. Penelitian ini belum dapat membuktikan bahwa seluruh manfaat lingkungan dan ekonomi tersebut telah terwujud dalam praktik peternakan di Kecamatan Kejobong.

e. Implikasi bagi Pengelolaan Sumber Daya Air di Kecamatan Kejobong

Hasil perhitungan awal menunjukkan bahwa pengelolaan limbah peternakan layak dipertimbangkan sebagai bagian dari upaya menjaga keberlanjutan sumber daya air di Kecamatan Kejobong. Pemerintah daerah dan kelompok peternak dapat mengembangkan langkah pengelolaan yang dimulai dari pengumpulan kotoran, penyimpanan yang aman, dan pemanfaatan limbah sesuai dengan karakteristiknya. Penggunaan teknologi pengolahan perlu mempertimbangkan skala peternakan, biaya, ketersediaan bahan baku, serta kemampuan masyarakat dalam mengoperasikan fasilitas.

Biodigester komunal dapat menjadi salah satu alternatif apabila jumlah kotoran yang tersedia mencukupi dan pengelolaannya dapat dilakukan secara bersama. Pembentukan sistem komunal memerlukan pembagian tanggung jawab yang jelas, mekanisme pembiayaan, aturan penggunaan fasilitas, dan pembagian manfaat yang adil. Selain itu, peternak perlu mendapatkan pendampingan mengenai pemeliharaan instalasi serta penggunaan hasil pengolahan agar fasilitas yang dibangun dapat berfungsi secara berkelanjutan.

Pemerintah daerah juga dapat mendorong pemantauan kualitas air di wilayah yang berdekatan dengan kegiatan peternakan. Pemantauan tersebut penting untuk mengetahui kondisi lingkungan secara nyata dan menentukan apakah tindakan pengendalian pencemaran perlu ditingkatkan. Hasil pengukuran langsung dapat digunakan untuk melengkapi estimasi beban pencemaran yang diperoleh melalui perhitungan data sekunder. Dengan menggabungkan data statistik, perhitungan teknis, dan pengukuran kualitas air, perencanaan pengelolaan limbah dapat dilakukan berdasarkan informasi yang lebih kuat (Yusuf, G. 2007).

Meskipun demikian, penerapan teknologi dan kebijakan pengelolaan limbah tidak dapat hanya mengandalkan perkiraan manfaat ekonomi. Keberhasilannya juga ditentukan oleh keterlibatan masyarakat, kesesuaian teknologi, ketersediaan pembiayaan, serta keberlanjutan operasional. Oleh karena itu, kerja sama antara pemerintah, kelompok peternak, masyarakat, dan lembaga pendukung diperlukan agar pengelolaan limbah dapat memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi secara bersamaan.

5. Kesimpulan

Pengelolaan limbah peternakan kambing merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung keberlanjutan sumber daya air di Kecamatan Kejobong, Kabupaten Purbalingga. Kegiatan peternakan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat, tetapi juga menghasilkan limbah organik yang berpotensi menimbulkan pencemaran apabila tidak dikelola dengan baik. Berdasarkan draf perhitungan awal menggunakan populasi 42.850 ekor kambing dan asumsi proporsi beban pencemar yang mencapai badan air sebesar 20%, potensi beban pencemaran diperkirakan mencapai sekitar 106,67 ton BOD dan 290,59 ton COD per tahun. Angka tersebut merupakan estimasi berdasarkan faktor emisi yang digunakan dan belum membuktikan kondisi pencemaran aktual pada sungai di wilayah penelitian.

Pemanfaatan limbah melalui teknologi anaerobic digestion berpotensi menghasilkan biogas dan sisa pengolahan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik setelah memenuhi persyaratan yang diperlukan. Pemanfaatan tersebut dapat membuka peluang penghematan biaya energi dan pupuk serta mendukung penerapan ekonomi sirkular di sektor peternakan. Namun, besarnya manfaat ekonomi perlu diperiksa kembali berdasarkan sumber data, asumsi teknis, harga yang digunakan, serta biaya investasi dan operasional. Oleh karena itu, estimasi manfaat ekonomi yang diperoleh belum dapat diperlakukan sebagai keuntungan bersih yang pasti diterima oleh peternak.

Dalam perspektif Maqashid Syariah, pengelolaan limbah peternakan dapat dikaitkan dengan perlindungan lingkungan dan pemeliharaan harta. Upaya mengurangi pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan sejalan dengan tujuan menjaga kualitas air, sedangkan pemanfaatan kembali limbah berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan demikian, pengelolaan limbah peternakan dapat menjadi salah satu alternatif untuk menghubungkan kepentingan ekonomi masyarakat dengan tanggung jawab terhadap lingkungan. Meskipun demikian, pembuktian manfaat tersebut dalam kondisi nyata memerlukan data lapangan dan evaluasi penerapan teknologi.

Pemerintah daerah perlu mendorong pengelolaan limbah peternakan melalui penyuluhan, pendampingan teknis, dan pengembangan fasilitas pengolahan yang sesuai dengan kondisi masyarakat. Kelompok peternak dapat mempertimbangkan sistem pengumpulan dan pengolahan limbah secara bersama agar pemanfaatan biogas lebih memungkinkan secara teknis dan ekonomi. Namun, pengembangan biodigester komunal harus disertai dengan perencanaan biaya, pembagian tanggung jawab, dan mekanisme pemanfaatan hasil pengolahan yang jelas.

Peternak juga perlu meningkatkan pemahaman mengenai pengumpulan, penyimpanan, dan pemanfaatan kotoran agar limbah tidak dibuang secara sembarangan. Penggunaan hasil pengolahan sebagai pupuk organik perlu memperhatikan kualitas dan keamanan bahan. Sementara itu, pengembangan biogas harus mempertimbangkan kebutuhan energi, kemampuan operasional, serta biaya pemeliharaan fasilitas agar manfaatnya dapat dirasakan secara berkelanjutan.

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan pemeriksaan lebih lanjut terhadap data populasi ternak, faktor emisi, dan asumsi perhitungan ekonomi yang digunakan. Pengukuran langsung kualitas air pada beberapa titik di sekitar kawasan peternakan juga diperlukan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang sebenarnya. Selain itu, analisis kelayakan finansial dapat dilakukan dengan memasukkan biaya investasi, operasional, pemeliharaan, serta manfaat ekonomi yang benar-benar dapat diperoleh. Penelitian lanjutan tersebut diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat bagi pengelolaan limbah peternakan dan perlindungan sumber daya air di Kecamatan Kejobong.

6. Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Kabupaten Purbalingga. (2023). *Kecamatan Kejobong dalam Angka 2023*. BPS Kabupaten Purbalingga.



Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC.

Lestari, D. S., Sukamta, & Sari, Y. C. (2023). Status kualitas air DAS Sanggai di Kabupaten Penajam Paser Utara dan perumusan strategi pencegahan serta pengendalian pencemaran air. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 21*(4), 914–932.

López, Y. B., López, L. Q., & Contreras, J. M. E. (2025). Evaluating the co-digestion of bovine and goat excreta for biogas generation using a tubular biodigester in Valledupar, Cesar. *Results in Engineering, 27*, 106588.

Nleya, Y., Young, B., Nooraee, E., & Baroutian, S. (2025). Anaerobic digestion of dairy cow and goat manure: Comparative assessment of biodegradability and greenhouse gas mitigation. *Fuel, 381*, 133458.

Nleya, Y., Young, B., Nooraee, E., & Baroutian, S. (2025). Ultrasonic pretreatment for enhanced anaerobic digestion of dairy goat manure. *Fuel, 399*, 135650.

Novita, E., Firmansyah, J. W., & Pradana, H. A. (2023). Penentuan indeks kualitas air Sungai Bedadung Kabupaten Jember menggunakan metode IP dan NSF-WQI. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 21*(3), 495–502.

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.

Putri, A. D. A. S., Soeprobowati, T. R., Jumari, Hidayat, J. S., & Muhammad, F. (2024). Spasio-temporal kualitas air dan Indeks Pencemaran pada kawasan mangrove di Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 22*(2), 279–288.

Rasyid, R., Nasrul, & Qaiyimah, D. (2025). Analisis indeks pencemaran dan prediksi distribusi kualitas air sungai menggunakan metode Spatial Inverse Distance Weighted. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 23*(5), 1213–1226.

Wardhani, E., Irmansyah, A. Z., & Torangi, M. R. F. (2024). Perhitungan potensi beban pencemaran air di DAS Way Sekampung Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 22*(4), 1024–1032.

Widyastuti, M., Jayanto, G. D., Irshabdillah, S., & Fadlillah, L. N. (2024). Water quality indices for assessing heavy metal pollution in Winongo River and Gajahwong River Yogyakarta-Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 22*(1), 100–108.

Yusuf, G. (2007). *Faktor Emisi Beban Pencemaran Sektor Domestik, Pertanian, dan Peternakan di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.

